This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

COURS ÉLÉMENTAIRE

D'HISTOIRE NATURELLE

A L'USAGE

DES LYCÉES, COLLÉGES, SÉMINAIRES ET MAISONS D'ÉDUCATION

PAR

MILNE-EDWARDS, A. DE JUSSIEU ET F. S. BEUDANT

MINÉRALOGIE

PAR M. F. S. BEUDANT

Membre de l'Institut, Inspecteur général de l'Instruction publique.

OUVRAGE ADOPTÉ PAR LE CONSEIL DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

POUR L'ENSEIGNEMENT DANS LES LYCÉES ET COLLÉGES

ET APPROUVÉ

PAR MONSEIGNEUR L'ARCHEVÊQUE DE PARIS

POUR L'ENSEIGNEMENT DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELIGIEUX

Az 4635

HUITIÈME ÉDITION

PARIS

L. LANGLOIS
40, RUE DES MATHURINS-SAINT-JACQUES, 10

VICTOR MASSON
17, PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, 17

1858

Digitized by Google

cipalement porter leur attention pour conserver dans leur mémoire les généralités que tout homme bien élevé doit aujourd'hui connaître. Nous pensons qu'il faut insister spécialement sur les questions suivantes.

A. *Sur la première leçon.* — 1° Les minéraux ont-ils des formes? ces formes sont-elles essentielles? sont-elles purement accidentelles? Qu'entend-on par cristaux? comment se forment-ils? § 5 à 12.

2° Le même minéral offre-t-il toujours la même forme cristalline (en faisant abstraction du dimorphisme)?

Y a-t-il quelques rapports entre les différentes formes cristallines qu'il peut affecter? § 13 à 27.

3° A combien de groupes peut-on rapporter toutes les formes cristallines? Qu'entendez-vous par système cristallin, par forme primitive? § 28 à 43, 75.

Comment distingue-t-on ces groupes les uns des autres?

4° Qu'entendez-vous par loi de symétrie? quelles sont les exceptions apparentes? que faut-il en conclure? § 44, 45.

5° Qu'est-ce que c'est que le dimorphisme et l'isomorphisme? § 46.

6° A quoi tiennent les variations des formes cristallines d'un même corps?

A quoi tient le dimorphisme? § 47 à 49.

7° Donnez quelques idées sur les groupements des cristaux, l'hémitropie et la transposition, les oblitérations. § 50 à 61.

8° Donnez quelques idées des formes accidentelles. § 62 à 74.

9° Donnez quelques idées sur les structures propres et les structures accidentelles des minéraux? § 72 à 85.

B. *Sur la seconde leçon.* — 1° Quel parti peut-on tirer minéralogiquement de la réfraction simple. § 87 à 89.

2° En quoi consiste la double réfraction?

Quels sont en général les corps qui ont la double réfraction et ceux qui ne l'ont pas? § 90, 91.

3° Qu'appelle-t-on lignes neutres ou axes de double réfraction?

Quelles sont, en général, les substances à un axe et celles à deux axes? § 92 à 94.

4° Quel parti peut-on tirer des phénomènes? et quels sont les moyens d'observation? § 90 à 94.

5° Peut-on déterminer l'écartement des axes dans les substances qui en ont deux? et le diamètre des anneaux? § 95, 96.

Qu'appelle-t-on cristaux attractifs et cristaux répulsifs? § 97.

6° Qu'est-ce que c'est que l'angle de polarisation? quel parti peut-on en tirer? § 98.

7° Qu'est-ce que c'est que le polychroïsme? § 99.

Qu'entend-on par éclat? quel parti peut-on en tirer? § 100.

8° Donnez une idée de l'astérisme et de ses rapports avec la structure des corps.

Des cercles parhéliques et des couronnes. § 101 à 105.

Digitized by Google

9° Les couleurs peuvent-elles fournir quelques caractères pour la distinction des corps? § 104 à 107.

10° Donnez une idée de la phosphorescence. § 108 à 110.

11° Quelle importance peut avoir le poids spécifique? § 111.

12° Quel parti peut-on tirer de l'élasticité, de la dureté, de l'électricité, du magnétisme, de l'action sur le toucher et de la faculté conductrice, de l'odeur, de la saveur, de la déliquescence et de l'efflorescence? § 112 à 128.

C. *Sur la troisième leçon.* — 1° Comment essaye-t-on les minéraux pour avoir une idée de leur composition? moyens de chauffer, fondre, distiller, filtrer? § 129 à 133.

2° Comment reconnaît-on un hydrate? l'antimoine ou un antimoniure, un séléniure, un arséniure, un sulfure? § 134.

3° Comment reconnaît-on un arséniate, un sulfate?

4° Comment reconnaît-on un carbonate?

5° Comment reconnaît-on un chlorure ou un fluorure

6° Comment reconnaît-on un phosphate, un chromate, un silicate?

7° Comment reconnaît-on la présence du manganèse, du chrome, du cobalt de l'antimoine, de l'étain? § 139.

8° Comment reconnaît-on la présence de l'argent, du mercure, du cuivre, du zinc, du fer, du plomb, de la baryte, de l'alumine, de la chaux?

9° Quelle différence y a-t-il entre les essais chimiques et l'analyse? § 138, 139.

10° Suffit-il toujours d'avoir en poids les quantités relatives des composants pour se faire une idée nette d'un corps et le distinguer d'un autre? § 141.

11° Comment s'y est-on pris pour avoir quelque chose de plus satisfaisant? § 146 et 147.

D. *Sur les quatrième et cinquième leçons.* — 1° Donnez quelques idées sur la classification naturelle des minéraux. § 151 à 159.

Individu et espèce minéralogique.

Genres, familles, tribus.

Indiquez les difficultés actuelles.

Citez des exemples de relation entre différentes espèces ou différents groupes, p. 124 et suivantes.

2° Quelles sont les espèces importantes du groupe des sidérides, des manganides et leurs analogues? § 170 à 183.

3° Quelles sont les espèces importantes du groupe des arsénides? § 196 à 202.

4° Quelles sont les espèces importantes du groupe des sulfurides? § 205 à 236.

5° Quelles sont les espèces importantes du groupe des chlorides? § 239 à 244.

6° Quelles sont les matières importantes des groupes carbone et carbure? § 262 à 282.

7° Quelles sont les espèces importantes du genre carbonate? § 285 à 300.

Digitized by Google

8° Quelles sont les diverses manières d'être de la silice? § 302 à 309.

9° Citez quelques matières importantes dans les silicates magnésiens. § 310 à 317.

10° Donnez une idée des groupes pyroxène et amphibole. § 319 et 320.

11° Donnez une idée des silicates simples, hydratés et hydratifères. § 330 et 331.

12° Donnez une idée du groupe grenat. § 335 et 336.

13° Donnez une idée du groupe feldspathique. § 339.

14° Donnez une idée des silicates zéolites. § 347.

15° Parlez un peu des micas. § 356.

16° Indiquez les principales roches composées.

Digitized by Google

COURS ÉLÉMENTAIRE

DE MINÉRALOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

§ 1. **Corps vivants et corps bruts.** — On nomme *corps* tout ce qui a une existence matérielle, et qui peut en conséquence tomber sous les sens. On connaît des corps qui sont ou qui ont été doués de la vie, et d'autres qui n'en ont jamais joui. Les premiers sont nommés *corps vivants* ou *corps organisés*, parce qu'ils se composent de divers appareils ou organes, nécessaires à leur existence. Les seconds sont désignés sous le nom de *corps bruts*.

Les corps bruts sont de deux sortes : les uns sont *naturels*, c'est-à-dire qu'ils nous sont offerts immédiatement par la nature; les autres sont *artificiels*, c'est-à-dire qu'ils résultent des actions mutuelles des divers éléments que nous mettons nous-mêmes en jeu pour satisfaire à nos besoins comme à notre curiosité.

§ 2. **Éléments.** — On nomme *éléments* les corps bruts naturels que nous ne pouvons parvenir à décomposer par les moyens que nous connaissons. Ils sont *pondérables* ou *impondérables*. Parmi les premiers, les plus connus sont les suivants :

Corps gazeux.

1. Azote.
2. Chlore.
3. Fluor.
4. Hydrogène.
5. Oxygène.

Corps liquides.

6. Brome.
7. Mercure (éclat métallique).

Corps solides non métalliques.

8. Bore.
9. Carbone.
10. Iode.
11. Phosphore.
12. Sélénium.
13. Silicium.
14. Soufre.

Digitized by Google

Corps solides métalliques.

15. Aluminium.
16. Antimoine.
17. Argent.
18. Arsenic.
19. Barium.
20. Bismuth.
21. Cadmium.
22. Calcium.
23. Cérium.
24. Chrome.
25. Cobalt.
26. Cuivre.
27. Étain.
28. Fer.
29. Glucinium.
30. Iridium.
31. Lithium.
32. Magnésium.
33. Manganèse.
34. Molybdène.
35. Nickel.
36. Or.
37. Osmium.
38. Palladium.
39. Platine.
40. Plomb.
41. Potassium.
42. Rhodium.
43. Sodium.
44. Strontium.
45. Tantale.
46. Tellure.
47. Thorinium.
48. Titane.
49. Tungstène.
50. Uranium.
51. Vanadium.
52. Yttrium.
53. Zinc.
54. Zirconium *.

Les éléments impondérables sont des fluides incoercibles, à l'hypothèse desquels on est forcément conduit par les phénomènes de la chaleur, de l'électricité et de la lumière, dont les mouvements exigent nécessairement la présence d'un corps, soit pour la production, soit pour la transmission.

§ 3. **Caractère des corps bruts.** *Origine.* — Les corps bruts se trouvent souvent dans la nature sans qu'on en connaisse l'origine; ou bien ils se forment immédiatement chaque fois que quelques particules élémentaires, se trouvant en présence, peuvent librement agir l'une sur l'autre et céder à leur affinité mutuelle. Il s'en fait tantôt une espèce, tantôt une autre, suivant les cas fortuits de rencontre des divers éléments, et même à notre volonté, puisque nous pouvons en composer beaucoup d'artificiels.

Forme non essentielle. — Une fois constitués, plusieurs de ces corps peuvent se trouver indifféremment à l'état solide, à l'état liquide, à l'état de fluide aériforme, suivant les circonstances dans lesquelles ils sont placés : c'est ainsi que l'eau, par exemple, est solide au-dessous de zéro, liquide au-dessus, et gazeuse à 100 degrés; c'est ainsi que le sucre, le sel commun, naturellement solides, peuvent être tenus à l'état liquide par la présence de l'eau, les résines par l'alcool, etc. De là, il résulte que la forme n'est pas toujours essentielle dans le corps brut, et que c'est par une nouvelle opé-

* Les métaux suivants, encore peu connus, terminent la liste générale : Didyme, Erbium, Lanthane, Niobium, Pelopium, Ruthenium, Terbium; ils sont mélangés avec le cérium, l'yttrium, le tantale, le titane, le tungstène, etc.

Digitized by Google

ration, indépendante à la fois de la formation et de l'existence, qu'elle vient à se manifester.

Accroissement indéfini et extérieur. — Le corps brut solide peut conserver le volume et la forme sous lesquels il s'est manifesté lors de sa formation ou de sa consolidation; mais il peut aussi s'accroître, et cela se fait toujours à l'extérieur par une nouvelle agrégation de particules qui se groupent autour des premières et peuvent ainsi en augmenter indéfiniment la masse. Cet accroissement peut se faire d'une manière continue, mais il peut aussi être interrompu et repris successivement à des époques indéfinies, qui dépendent uniquement des circonstances extérieures.

Variation de formes. — Dans ces changements accidentels de volume, la forme du corps solide peut se conserver constamment la même, ou bien varier de toutes les manières, sans ordre comme sans époque déterminée. Elle peut être purement accidentelle, comme aussi elle peut tenir à une certaine propriété que possèdent les matières brutes de s'agréger sous diverses formes régulières et toutes géométriques, qui elles-mêmes peuvent varier à l'infini dans la même substance. Le même corps peut avoir d'abord une forme déterminée, puis en prendre successivement plusieurs autres, suivant les circonstances.

Pour s'en convaincre, qu'on place, par exemple, un fragment irrégulier d'alun, suspendu par un fil, dans une solution convenablement concentrée du même sel, on le verra s'accroître et prendre une forme régulière qui est généralement octaèdre. Qu'on le suspende alors dans une autre solution du même sel, dans laquelle on aura préalablement délayé de la craie, jusqu'à ce que l'effervescence ait très-sensiblement diminué, on le verra s'accroître encore et passer à la forme cubique. Si on le remet dans la première, il repassera à l'octaèdre en s'accroissant encore, etc. Enfin, qu'on le suspende au-dessous du vase, au bord d'une ouverture presque capillaire, par laquelle le liquide puisse suinter lentement, il s'accroîtra encore par de nouvelles couches; mais alors il s'arrondira, s'allongera, et finira par prendre une forme conique irrégulière, par offrir ce qu'on nomme une *stalactite*.

Si l'on couvre le corps d'une légère couche de carmin, avant chaque immersion dans la solution, on distinguera facilement ensuite dans la masse les formes diverses qui ont eu lieu, et les accroissements successifs. Or il se présente souvent des circonstances semblables dans les corps naturels, et par là on reconnaît qu'ils ont éprouvé de même divers changements.

Existence indéfinie. Destruction. — Les corps bruts, une fois con-

Digitized by Google

stitués, peuvent exister indéfiniment : on connaît, en effet, dans les monuments, des matières qui ont plusieurs milliers d'années, et dont rien n'annonce la destruction prochaine. Ce n'est jamais que par l'action d'une cause extérieure qu'ils peuvent cesser d'être; mais il faut distinguer une destruction apparente et une destruction réelle. La *destruction apparente* est souvent une désagrégation pure et simple des particules qui avaient été réunies sous une forme ou sous une autre; la manière d'être est alors changée, le corps est devenu pulvérulent, il a été dissous, il a été mis en fusion, mais il n'a pas cessé d'exister *. La *destruction réelle* est le résultat d'une séparation, totale ou partielle, des éléments dont le corps est formé : c'est ce qui arrive, par exemple, dans la calcination de la pierre à chaux, qui perd alors l'acide carbonique; dans l'efflorescence d'une multitude de sels, qui perdent tout ou partie de leur eau de composition; dans l'azotate d'ammoniaque, matière solide qui se convertit en eau et en protoxyde d'azote par la chaleur. Les corps naturels nous offrent une multitude de destructions de ces diverses sortes.

§ 4. **Caractère des corps vivants.** *Naissance.* — Les êtres vivants diffèrent essentiellement des corps bruts par tous leurs caractères. Ils naissent toujours d'individus déjà existants et semblables à eux, et les espèces se perpétuent ainsi par génération, sans subir de modifications importantes; aucune circonstance ne donne lieu à ce qu'il s'en forme de nouvelles, et nous ne pouvons en produire artificiellement.

Forme essentielle et définie. — Dès que le corps vivant existe, il a nécessairement une forme propre et déterminée, parce que la vie exige les fonctions et les actions mutuelles de diverses parties qui ont des formes arrêtées, et dont les positions relatives sont rigoureusement ordonnées.

Accroissement limité et intérieur. — Les corps vivants s'accroissent toujours après leur naissance et toujours de la même manière, le plus souvent jusqu'à un certain terme, qui n'est jamais dépassé. Cet accroissement se fait intérieurement, par suite de la nutrition, ou faculté que possède le corps vivant d'attirer dans sa composition et de s'approprier, par diverses modifications, une partie des substances environnantes, en même temps qu'il expulse une portion de celles dont il est déjà en possession.

---

* Il y a aussi une destruction apparente qui résulte de ce que le corps entre comme partie constituante dans une combinaison nouvelle; c'est ainsi que le fer se convertit en rouille en se combinant avec l'oxygène et l'eau de l'atmosphère.

Digitized by Google

Constance de la forme. — La forme se conserve alors constamment; ou bien, si elle subit quelquefois certains changements, c'est toujours dans un ordre rigoureusement déterminé, et à des époques fixes, qui ne sont sujettes à aucune variation.

Existence limitée. Mort. — Ce mouvement de composition et de décomposition qui constitue la vie n'a jamais lieu que pendant un temps limité; il s'arrête sans retour en un certain moment, et le corps vivant n'est plus. La mort est la suite inévitable de la vie, et il ne reste alors qu'un amas de particules qui, à l'instant même, commencent à agir tout autrement les unes sur les autres et sur les corps environnants; de là résulte une destruction plus ou moins complète de ce qui existait, et la production de quelques matières nouvelles de la classe des corps bruts.

§ 5. **Corps bruts d'origine organique, et minéraux.** — Les corps bruts composés sont de diverses sortes; il en est qui paraissent ne pouvoir se former que quand l'affinité des principes élémentaires est mise en jeu sous l'action lente et prolongée des fonctions vitales, au moyen desquelles un petit nombre d'éléments peuvent se combiner en des proportions très-variées pour former une multitude de corps. Tels sont les sucres, les gommes, les résines, certains acides, etc., en un mot, toutes les matières inertes formées dans les corps vivants; et qu'on peut en retirer de diverses manières. D'autres corps, au contraire, se forment constamment, ou se sont formés, sans aucune participation des forces vitales : telles sont les combinaisons salines, pierreuses, métalliques, etc., que nous trouvons dans le sein de la terre, ou dont nous pouvons produire un grand nombre à volonté.

Ce sont ces dernières matières qu'on a plus particulièrement nommées *minéraux*, et ce sont elles qui sont l'objet de la *minéralogie*. Toutefois on a pris l'habitude d'y joindre l'étude de diverses substances, d'origine organique, enfouies jadis dans le sein de la terre, où elles ont pu subir diverses modifications. On y ajoute même les corps liquides et gazeux qui se trouvent à la surface du globe; car, si le nom de minéraux paraît peu leur convenir, ce ne sont pas moins des corps bruts qu'on ne peut pas toujours ranger parmi ceux qui se forment à l'aide des fonctions vitales.

Quant aux matières inertes que produisent les corps organisés, leur étude comme corps naturels appartient à la physiologie, qui s'occupe des phénomènes que la vie détermine dans les êtres qui en sont doués. D'ailleurs, ces sortes de corps bruts, aussi bien que les corps artificiels, que nous laissons à la technologie, présentent les mêmes propriétés générales que tous les autres, et nous n'a-

Digitized by Google

vons nullement besoin de les étudier d'une manière spéciale pour apprendre à connaître ce qu'ils offrent d'important sous le rapport que nous avons en vue.

§ 6. **Manière d'étudier.** — Il n'y a qu'une seule manière d'étudier les corps : c'est de les examiner individuellement, et de tenir note de toutes les propriétés qu'ils peuvent présenter. C'est la méthode analytique, la seule que le naturaliste puisse employer pour arriver aux connaissances qu'il doit posséder. Mais, lorsque les recherches spéciales se sont suffisamment étendues, il en résulte un ensemble de faits généraux que l'on peut présenter synthétiquement, et qui deviennent l'expression de ce qu'il y a de plus important à connaître. C'est alors qu'on peut comparer rigoureusement tous les corps, établir leurs analogies ou leurs différences, et parvenir à les classer de manière qu'un petit nombre d'entre eux puissent donner une idée suffisante de tous les autres. Nous sommes arrivés à ce point pour les corps bruts aussi bien que pour les corps vivants, et nous pouvons en traiter d'une manière générale, qui devient indispensable à toute bonne éducation.

Les faits d'organisation et les fonctions de chaque organe, comparés dans tous les êtres, constituent ce qu'il y a de plus général et de plus important dans l'étude des corps vivants, et les propriétés physiques et chimiques offrent alors peu de valeur. C'est le contraire pour les corps bruts : il n'y a ni organisation ni fonction; mais les caractères physiques ou chimiques prennent une grande importance par l'étonnante variété de faits qu'ils présentent. D'un côté, les formes, les structures, l'élasticité, les propriétés optiques, la composition, nous offrent une multitude de faits à recueillir; de l'autre, les relations de ces diverses propriétés et des circonstances qui les font naître ou les modifient n'ont pas moins d'importance que les phénomènes physiologiques des corps vivants : ce sont là autant d'objets à traiter dans la minéralogie proprement dite.

Mais, si dans l'étude des corps vivants les habitudes, les relations avec le sol, la distribution géographique, sont autant de connaissances du plus haut intérêt; de même, les associations naturelles des minéraux, leur manière d'être dans le sein de la terre, l'étendue et les limites des dépôts qu'ils peuvent former, les relations de ces dépôts entre eux, les phénomènes dont ils sont ou ont été le théâtre, etc., sont autant d'objets dignes de notre attention, et souvent d'une haute utilité dans nos usages. Les faits qu'on connaît sous ces différents rapports constituent une science particulière, la *géologie*, dont nous ferons un livre à part.

Digitized by Google

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES MINÉRAUX

§ 7. Les propriétés physiques des minéraux comprennent les formes et les structures, l'action sur la lumière, le poids spécifique, l'état élastique opposé à la ductilité, comme la flexibilité à la rigidité, la dureté, la ténacité, la faculté conductrice pour la chaleur, les propriétés électriques et magnétiques, l'onctuosité et l'âpreté, l'odeur, la saveur, la faculté d'absorber ou d'émettre l'humidité, qui offre le happement à la langue, la déliquescence et l'efflorescence.

FORMES DES MINÉRAUX

§ 8. Les formes sous lesquelles les corps bruts se présentent à nous sont de deux sortes : les unes nous offrent des polyèdres terminés régulièrement par des facettes planes, unies, quelquefois aussi brillantes que si on les eût fait tailler par un lapidaire; les autres affectent des configurations de toute espèce, fréquemment arrondies, quelquefois irrégulièrement angulaires ou se rapportant à des formes organiques, etc.

Les formes polyédriques, qu'on nomme *cristaux*, paraissent tenir à certaines propriétés inhérentes à la plupart des corps bruts, et en vertu desquelles leurs molécules tendent à se réunir sous formes géométriques, lorsqu'elles peuvent céder librement à l'attraction de cohésion, au moment où elles s'agglomèrent en masses solides. Ces formes se produisent sous nos yeux dans beaucoup de circonstances et de diverses manières : par solution, par fusion et par sublimation, ce qui paraît avoir également lieu dans la nature.

Dans nos ateliers, on se procure un grand nombre de sels en cristaux, en faisant dissoudre le corps dans l'eau, concentrant convenablement la solution et l'abandonnant à elle-même : c'est ce qu'on peut éprouver, par exemple, en faisant dissoudre dans l'eau bouillante autant d'alun que le liquide en peut prendre, et tirant la solution à clair dans un vase où l'on a suspendu quelques fils : il ne tarde pas à se former des cristaux d'autant plus gros, que la masse liquide est plus volumineuse.

Digitized by Google

Les matières fondues qu'on laisse refroidir lentement se cristallisent aussi dans l'intérieur de la masse; ce qu'on distingue surtout en brisant la croûte consolidée à la surface, et renversant ce qui reste encore de matière liquide. On peut en faire l'expérience avec le bismuth, l'antimoine, le soufre, etc., qui sont de facile fusion; les cristaux qu'on obtient sont d'autant plus nets, que le volume de la masse fondue est plus considérable.

Plusieurs matières, comme l'arsenic, l'acide arsénieux, le cinabre, etc., chauffées en vase clos, sont susceptibles de se volatiliser, et se déposent alors en cristaux à la partie supérieure de l'appareil.

Les configurations irrégulières se manifestent dans une multitude de circonstances où le jeu des attractions naturelles se trouve plus ou moins dérangé, et même entièrement interrompu, par des causes extérieures; les formes qui se produisent alors sont purement accidentelles et, par suite, beaucoup moins importantes à considérer que les précédentes : nous leur consacrerons cependant aussi quelques détails.

ÉTUDE DES CRISTAUX.

§ 9. **Comment il faut étudier.** — Il ne suffit pas de savoir en général que les corps bruts peuvent cristalliser; il faut encore connaître la nature des polyèdres qu'ils présentent, établir les relations qui peuvent exister entre les uns et les oppositions que peuvent offrir les autres.

La première chose à faire est de s'assurer que ces polyèdres ont des caractères géométriques, c'est-à-dire que leurs plans ne sont pas disposés au hasard comme ceux que pourraient produire des fractures en différents sens, ou le retrait des matières qui se dessèchent, etc.; il faut chercher ensuite, par une étude suffisante des détails, à établir ces caractères avec assez de précision pour qu'ils puissent servir à distinguer nettement les diverses sortes de cristaux, et à découvrir des analogies ou des différences là où l'œil abandonné à lui-même pourrait fréquemment se tromper.

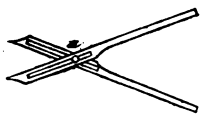
§ 10. **Mesure des angles.** — Pour reconnaître la nature géométrique des cristaux, il suffit de soumettre les inclinaisons de leurs faces à des mesures rigoureuses, en se procurant des instruments convenables, qu'on nomme *goniomètres*.

Le plus simple de ces instruments consiste en deux lames, fig. 1, réunies et mobiles en *a*, qui peuvent s'ouvrir plus ou moins, et s'allonger ou se raccourcir en glissant dans des rainures. On applique ces lames le mieux possible sur les deux faces dont on veut

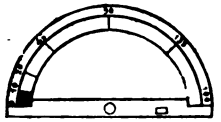
Digitized by Google

mesurer l'angle dièdre; puis on les place sur un rapporteur, fig. 2, dans des points de repère qui y sont marqués, pour en lire la valeur sur le limbe.

1.



2.

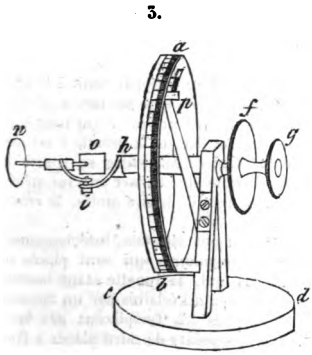


Cette manière de mesurer les angles est très-défectueuse, et ne peut servir que pour des à peu près dont on peut dans certains cas se contenter. Pour avoir plus d'exactitude, on a imaginé de choisir les cristaux dont les faces sont brillantes, et de s'en servir pour faire réfléchir les images de certaines lignes de mire placées à distance; on peut alors amener ces images à coïncider avec des lignes fixes, et cela permet d'établir plus nettement des points de départ sur une face, des points d'arrivée sur une autre, en faisant tourner le cristal. L'appareil étant disposé sur un cercle, on obtient l'angle décrit par le mouvement du cristal, et conséquemment l'inclinaison de ses faces.

Il y a pour ces mesures deux instruments principaux : le goniomètre de Wollaston, et celui de M. Babinet, qui peut servir aussi à d'autres observations.

Goniomètre de Wollaston. Cet instrument, fig. 3, se compose d'un cercle vertical gradué, *ab*, placé sur un support *cd*, et pouvant tourner autour d'un axe horizontal au moyen du bouton *f*. Cet axe est traversé intérieurement par un autre qu'on peut faire mouvoir seul par le bouton *g*, et qui porte à son extrémité diverses pièces mobiles. Celles-ci se composent d'une tringle courbe qui se meut de haut en bas en *h*, et dont la partie antérieure, mobile en *i*, peut aller et venir de droite à gauche. Une petite plaque *o*, dans l'axe de l'appareil, sert à placer le cristal, et peut être mise en mouvement au moyen du bouton *n*.

3.



Pour se servir de cet instrument, on fixe d'abord le cristal sur le support *o* avec de la cire molle, de manière que l'arête des deux faces qu'on veut mesurer soit à peu près perpendiculaire au plan du cercle et dans l'axe de rotation; on place alors l'instrument sur une table, devant le jour, pour procéder à l'opération.

Placer l'arête du cristal horizontalement. — L'arête du cristal doit être rigou-

Digitized by Google

reusement horizontale. Pour la placer ainsi, on part de ce principe, qu'un miroir horizontal réfléchit horizontalement l'image des objets horizontaux. On cherche donc au loin deux lignes horizontales, comme une ligne de toit, une ligne de balcon, et l'on met le plan du cercle à peu près perpendiculaire au plan du bâtiment qui les présente. On approche alors l'œil très-près du cristal, et, en faisant tourner l'axe intérieur au moyen de la virole *g*, on amène une des faces dans une position telle, qu'elle puisse réfléchir, par exemple, la plus haute des lignes de mire qu'on a choisies, puis on continue à tourner lentement jusqu'à ce que l'image qu'on aperçoit se rapproche de la ligne de mire la plus basse, vue directement, et l'on examine alors ce qui se passe. Si les deux lignes coïncident dans toute l'étendue qu'on aperçoit, la face du cristal est horizontale; si elles ne coïncident pas, on fait varier doucement, soit la position du cercle, soit celle du cristal, au moyen des pièces mobiles en *h* et en *i*, jusqu'à ce qu'on parvienne à produire la coïncidence.

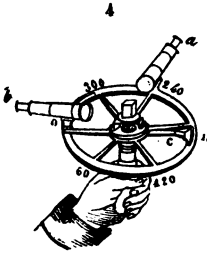
On fait alors la même opération sur la seconde face, qu'on amène en position convenable en la faisant tourner par la virole *n*. Lorsqu'on est parvenu à placer celle-ci de manière à faire coïncider l'image réfléchie avec l'image directe, on revient à la première, pour voir s'il n'y a pas eu de dérangement. Après divers tâtonnements, on parvient à avoir coïncidence des lignes de mire sur l'une et sur l'autre face, qui sont dès lors toutes deux horizontales, et dont l'intersection est par conséquent elle-même horizontale.

Mesure de l'angle. — Après ces dispositions, on met le cercle gradué à 0° ou à 180°, car il est divisé en deux parties, ce qui se fait en tournant la virole *f*: un point d'arrêt indique naturellement quand on y est parvenu. On commence alors par tourner le cristal au moyen de la virole *g*, pour amener une face à réfléchir la ligne de mire supérieure, et à la faire coïncider exactement avec la ligne inférieure. Cela fait, au moyen de la virole *f*, on tourne le cercle lui-même, qui entraîne alors le cristal dans sa rotation, jusqu'à ce que la réflexion et la coïncidence des lignes de mire aient aussi lieu exactement sur la seconde face. Il ne s'agit plus alors que de lire les degrés sur le limbe, et les fractions de degrés sur le vernier *p*.

Cet instrument n'est destiné qu'à mesurer de très-petits cristaux, parce que l'œil n'étant pas fixe, et la distance des objets de mire n'étant jamais très-grande, il faut que la dimension du cristal et sa distance à l'œil puissent être considérées comme très-petites. Mais c'est un avantage réel, parce que les petits cristaux sont toujours les plus nets et les plus réfléchissants.

Goniomètre de Babinet. Cet instrument, fig. 4, qu'on peut tenir à la main ou fixer sur un pied, consiste dans un cercle garni de deux lunettes, *a* et *b*, et une alidade *c* qui tourne au centre; la lunette *a* est fixe, et la lunette *b* est mobile et garnie d'un vernier. Au centre se trouve un petit support susceptible de tourner sur lui-même, et sur lequel on fixe, avec de la cire molle, le cristal qu'on veut mesurer.

4



Les lunettes renferment chacune intérieurement deux fils croisés rectangulaires qui sont placés au foyer de l'oculaire, et qui, la lunette étant tournée vers le jour, se trouvent ainsi éclairés par un faisceau de rayons parallèles. Ces fils remplacent dès lors, dans la lunette fixe, des points de mire placés à l'infini. Avant de se servir de l'instrument, il faut arranger chacune des lunettes, au moyen des tirages, de manière à voir distinctement les objets éloignés, afin qu'en amenant la lunette *b* vis-à-vis de la lunette fixe *a*, on aperçoive les quatre fils.

Digitized by Google

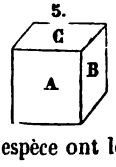
Placer une des mires parallèlement au cercle. — Maintenant il convient de placer un des fils de la lunette fixe parallèlement au plan du cercle; l'autre sera alors perpendiculaire. Pour cela, on tourne d'abord l'oculaire de la lunette *b* de manière que ses fils soient parallèles à ceux de la lunette *a*; puis on déplace la lunette mobile de droite à gauche, et de gauche à droite alternativement, pour voir ce qui arrive dans ces mouvements. Si les fils parallèles se rapprochent ou s'écartent l'un de l'autre, le parallélisme au plan du cercle n'a pas lieu, et il faut tourner un peu les oculaires, puis recommencer le mouvement de droite à gauche et de gauche à droite : on arrive bientôt par ce tâtonnement à une position telle, que les fils ne changent pas de distance pendant le mouvement, et il est alors certain qu'ils sont parallèles au limbe. On place ensuite le cristal sur le support au moyen de cire molle.

Placer le cristal verticalement. — L'arête du cristal doit être perpendiculaire au plan du cercle; et, pour la placer ainsi, après avoir porté la lunette *b* à droite, par exemple, on tourne le support jusqu'à ce que l'une des faces du cristal réfléchisse les points de mire fournis par la lunette fixe, et en amène l'image dans la lunette mobile. Si, en faisant aller et venir cette lunette, on n'aperçoit aucun dérangement au parallélisme que nous avons précédemment établi, la face est verticale; si le parallélisme est dérangé, on fait mouvoir le cristal sur la cire de manière à le rétablir. Après avoir opéré sur une face, on tourne le support pour opérer sur l'autre. Si celle-ci ne dérange pas le parallélisme, elle est aussi verticale et l'arête de jonction l'est également. Si le parallélisme est dérangé, on fait mouvoir le cristal sur la cire, jusqu'à ce qu'il soit rétabli, puis on vérifie la première face.

Mesurer l'angle. — On tourne d'abord un peu l'oculaire de la lunette mobile pour que ses fils deviennent obliques sur ceux de la lunette fixe, et par exemple à 45°, ce qui donne plus de facilité pour observer les coïncidences dont on va avoir besoin. On met l'alidade sur 180° et la lunette mobile sur la partie opposée du cercle; on fait alors mouvoir le support du cristal pour placer ce dernier de manière à réfléchir les fils de mire dans la lunette mobile, et amener le point de croisement des fils de cette dernière sur le fil vertical de la lunette fixe. Cela fait, on fait mouvoir l'alidade *c* jusqu'à ce qu'on amène l'autre face du cristal à diriger de même les lignes de mire, et à effectuer la même coïncidence du point de croisement avec le fil vertical de *a*. Il n'y a plus alors qu'à lire l'angle cherché sur le limbe.

Observation. — La lumière extérieure qui tombe sur le cristal est souvent plus forte que celle qui arrive par la lunette fixe, et il devient impossible d'apercevoir l'image des fils de mire perdue dans cette lumière. Pour remédier à cet inconvénient, il faut placer des écrans noirs autour du cristal, afin de le priver de toute lumière qui ne sort pas de la lunette fixe.

§ 11. **Les cristaux sont des polyèdres géométriques.** — Sachant mesurer les angles dièdres des cristaux, on peut se convaincre que ces corps sont réellement des polyèdres géométriques. Si l'on examine, par exemple, les polyèdres à six faces, fig. 5, qu'on trouve très-fréquemment, on observe qu'une face latérale A, formant avec B un certain angle, fait toujours avec la face de retour, à gauche, un angle supplémentaire. De même, la face supérieure C, faisant un certain angle avec A, fait l'angle supplémentaire avec la face postérieure. De là il résulte que les cristaux de cette espèce ont leurs faces parallèles deux à deux, et, par conséquent,



Digitized by Google

sont de véritables parallélipipèdes, suivant la définition géométrique de ce genre de solides.

En mesurant les inclinaisons des faces dans d'autres polyèdres, on trouve aussi entre les angles des rapports intimes qui montrent encore que ces faces sont toujours coordonnées d'une manière toute géométrique.

§ 12. **Faits fondamentaux de cristallographie.** — Les formes polyédriques des corps bruts sont extrêmement nombreuses, non-seulement parce que chaque corps peut en offrir de particulières, mais encore parce que, dans la même matière, il peut s'en trouver de très-variées. Ces formes se comptent aujourd'hui par milliers, ce qui peut faire d'abord considérer leur étude comme devant être aussi longue que difficile; mais il existe des faits généraux qui la ramènent à une grande simplicité. Ces faits établissent :

1° Qu'un grand nombre de formes, en apparence très-différentes, se lient entre elles de la manière la plus naturelle, et ne sont que des modifications plus ou moins profondes les unes des autres ;

2° Que toutes les formes connues constituent six groupes distincts, dont les caractères sont nettement tranchés;

3° Que dans chacun de ces six groupes tous les polyèdres peuvent se déduire rigoureusement d'une forme unique, prise à volonté parmi celles qui s'y trouvent; d'où il résulte que toutes les études cristallographiques se réduisent à bien connaître les propriétés physiques et géométriques d'un très-petit nombre de formes qu'on peut prendre pour types de toutes les autres. Étudions ces grands principes de la science.

MODIFICATIONS DES CRISTAUX.

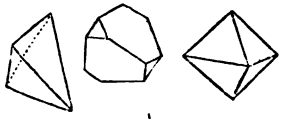
§ 13. **Comment se font ces modifications.** — Les cristaux, quels qu'ils soient, sont fréquemment modifiés par des plans sur leurs arêtes ou sur leurs angles solides. Il en résulte des faces qui sont quelquefois extrêmement petites, mais qui souvent aussi s'élargissent aux dépens des premières, qu'elles finissent par faire disparaître entièrement, en donnant naissance à de nouveaux solides. C'est par ce moyen que les formes en apparence les plus éloignées les unes des autres se lient entre elles de la manière la plus intime, comme le montre immédiatement à l'œil la série des figures que nous rassemblons ici, et pour chacune desquelles il suffira de quelques mots. Tantôt ces modifications se font à la fois sur toutes les arêtes ou sur tous les angles solides, en un

Digitized by Google

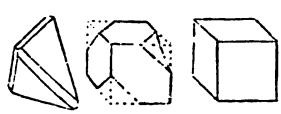
mot sur toutes les parties de même dénomination; tantôt elles ne se font que sur quelques-unes d'entre elles, et se diversifient ou se mélangent de différentes manières.

1° *Modifications sur toutes les parties de même nom.*

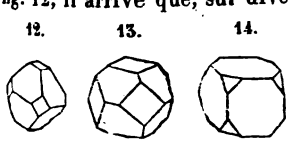
§ 14. **Transformation du tétraèdre.** — Un *tétraèdre*, régulier ou irrégulier, fig. 6, se trouve souvent modifié sur les quatre angles solides, fig. 7; mais dans divers échantillons on voit les faces nouvelles s'agrandir aux dépens des autres, et finir par réduire celles-ci à des triangles, fig. 8, ce qui produit un *octaèdre*.



Le même solide se modifie sur les six arêtes, fig. 9; les faces nouvelles s'agrandissent, fig. 10, et, quand elles font disparaître les premières, on arrive à un *parallélipipède*, fig. 11.

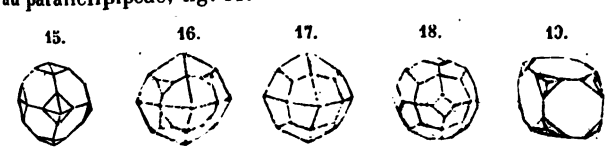


§ 15. **Transformation de l'octaèdre et du parallélipipède.** — L'octaèdre, fig. 8, se trouve souvent lui-même modifié de différentes manières : lorsqu'il présente une face à chacun des six angles, fig. 12, il arrive que, sur divers échantillons, ces faces s'étendent successivement, fig. 13, 14, et que bientôt le parallélipipède fig. 11 est encore reproduit, ce qui montre en même temps comment il donne lui-même l'octaèdre.



Quelquefois il y a quatre faces à chaque angle, fig. 15, qui, en s'étendant, fig. 16, conduisent enfin à un solide à 24 faces, fig. 17, qu'on nomme *trapézoèdre*.

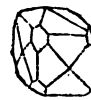
On voit, fig. 18 et 19, comment ce nouveau solide se rattache au parallélipipède, fig. 11.



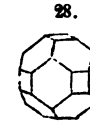
Quand les quatre faces nouvelles sont tournées vers les arêtes

Digitized by Google

de l'octaèdre, fig. 20, et s'étendent successivement, comme fig. 21, on parvient au solide, fig. 22. Les fig. 24 et 23 montrent le passage du parallélipipède à ce solide.

20. 21.  22. 23. 24.

Il se fait aussi des modifications sur les douze arêtes de l'octaèdre, fig. 25, qui, en s'étendant, fig. 26, conduisent au *dodécaèdre*, fig. 27. On voit, fig. 29 et 28, comment le parallélipipède produit le même solide.

25. 26. 27. 28.  29.

Quand les arêtes sont modifiées par deux faces, fig. 30, il se produit un autre solide à 24 faces, fig. 31. Si la modification se fait par 8 faces sur les angles, fig. 32, on obtient un polyèdre à 48 faces, fig. 33.

30. 31. 32. 33.

Ces premiers détails suffisent pour montrer que des solides très-différents, *tétraèdre*, *octaèdre*, *parallélipipède*, etc., peuvent avoir entre eux les plus grands rapports, et par conséquent se trouver dans la même substance. Nous allons en voir d'autres quand les modifications ne sont pas aussi complètes.

2° *Modifications sur quelques-unes des parties du même nom.*

§ 16. **Passage de l'octaèdre au prisme.** —Il arrive souvent, dans certaines espèces d'octaèdres, qu'il n'y a de modifiés que les quatre angles latéraux, comme fig. 34; ce qui donne lieu, quand les faces s'étendent suffisamment, à un prisme à quatre faces, pyramidé, comme fig. 35, qui peut être alors plus ou moins allongé.

34. 35.

Digitized by Google

36.

37.

Ailleurs les quatre arêtes latérales se trouvent remplacées, fig. 36, et conduisent à un autre prisme pyramidé, fig. 37, inverse du premier. Les deux modifications réunies donnent un prisme octogone.

38.

39.

Parallélipipède inverse. — Si la modification du sommet se joint à celle des arêtes latérales, fig. 38, et 39 par extension, il en résulte un parallélipipède, fig. 40, dont les faces correspondent aux arêtes du premier, fig. 11. Ces parallélipipèdes passent l'un à l'autre par la modification des arêtes latérales, fig. 41, où leur réunion produit un prisme octogone.

40.

41.

§ 17. **Passage à divers octaèdres.** — Un octaèdre donné peut souvent en produire un grand nombre d'autres, les uns plus aigus, les autres plus obtus, et qui sont tantôt directs, tantôt inverses.

42.

43.

1° *Octaèdres directs.* Un octaèdre modifié par deux faces sur les arêtes latérales, fig. 42, en donne un autre plus aigu, fig. 43, lorsque les nouvelles faces s'étendent suffisamment. Si, au contraire, il se fait une modification au sommet, fig. 44, il en résulte un octaèdre plus obtus, fig. 45. et dont le degré de surbaissement dépend de l'inclinaison des nouvelles faces.

44.

45.

46.

47.

2° *Octaèdres inverses.* La modification des arêtes culminantes, fig. 46, conduit à un nouvel octaèdre plus obtus, fig. 47, inverse du premier : c'est ce que produit encore la modification du sommet par quatre faces tournées vers les arêtes, fig. 48; le nouveau solide est alors plus ou moins surbaissé, suivant que les faces modifiantes sont plus ou moins inclinées à l'axe de l'ancien.

48.

49.

50.

La modification des angles latéraux, par deux faces, fig. 49, conduit à des octaèdres inverses plus aigus, fig. 50.

Ces formes, directes et inverses, se produisent sur un parallélipipède déterminé, les unes par la modification des angles,

Digitized by Google

51 39

fig. 51, les autres par celles des arêtes, fig. 39. Les divers degrés d'acuité dépendent du plus ou moins d'inclinaison des nouvelles faces.

§ 18. **Passage à la double pyramide octogone.** — La modification des angles latéraux de l'octaèdre, fig. 49, peut produire des faces tellement inclinées que leur réunion avec les faces primordiales donne une double pyramide octogone, fig. 52.

49. 52.

Il s'en fait aussi de plusieurs autres manières : par la modification des arêtes culminantes, chacune par deux faces, fig. 53; par la modification des angles du sommet, chacun par huit faces, fig. 54; et enfin par celle des angles latéraux, chacun par quatre faces, fig. 55. Dans les deux premiers cas, les pyramides sont obtuses; dans le troisième, elles sont aiguës, fig. 56. Les pyramides seraient séparées par un prisme octogone, si l'octaèdre se modifiait en même temps sur les quatre arêtes latérales et sur les quatre angles correspondants, comme fig. 34 et 36.

53. 54.

55. 56.

34. 57. 36.

Ces sortes de solides sont produits sur les parallélipipèdes par la modification des angles, chacun par deux faces plus ou moins obliques, fig. 57.

§ 19. **Pyramide hexagone et prisme hexagone.** — Dans certains octaèdres, il arrive que les modifications latérales, fig. 49, ne se font que sur deux angles opposés ; si alors les faces sont convenablement inclinées, il se produit une double pyramide hexagone, fig. 58.

58. 59. 60.

Les sommets seraient séparés par un prisme hexagone, fig. 59, 60, s'il s'ajoutait encore la modification des arêtes latérales de l'octaèdre, fig. 36, et la moitié de celle des angles, fig. 34.

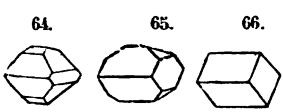
61. 62. 63.

Si les parallélipipèdes se modifiaient seulement aussi sur deux arêtes latérales opposées, on aurait un prisme

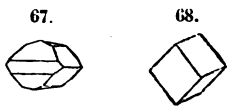
Digitized by Google

hexagone, comme fig. 61. La pyramide s'obtiendrait sur ce prisme par la modification des arêtes des bases, fig. 62, qui reconduirait ainsi aux prismes pyramidés, fig. 59, 60. On en obtiendrait un autre par la modification des angles, fig. 63.

§ 20. **Parallélipipède à axe renversé.** — Il y a des octaèdres qui se modifient au sommet par des faces opposées, fig. 64, et en même temps sur deux arêtes opposées des bases. Si les nouvelles faces s'étendent, fig. 65, et finissent par masquer le premier solide, on obtient un parallélipipède, fig. 66, à axe horizontal.

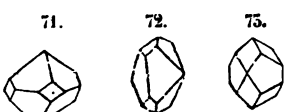


Si l'octaèdre se modifie dans le sens opposé, fig. 67, il en résulte un autre parallélipipède, dont l'axe horizontal vient en avant, fig. 68.



Ces nouveaux parallélipipèdes se produisent sur les anciens, fig. 40, par la modification de deux arêtes opposées à chaque base, comme fig. 69 et 70.

§ 21. **Octaèdre à axe renversé.** — Les faces qui remplacent les angles latéraux d'un octaèdre, fig. 71, se trouvent quelquefois inégalement inclinées sur les arêtes correspondantes; dès lors, en s'étendant, elles parviennent à se couper plutôt d'un côté que de l'autre, soit en avant, fig. 72, soit latéralement, fig. 73. Si elles font disparaître alors la moitié du premier octaèdre, il en résulte deux nouveaux solides de même genre, fig. 74 et 75, dont les axes sont horizontaux.



Un parallélipipède produit facilement ces sortes d'octaèdres par la modification de la moitié de ses angles solides, comme fig. 76, 77.

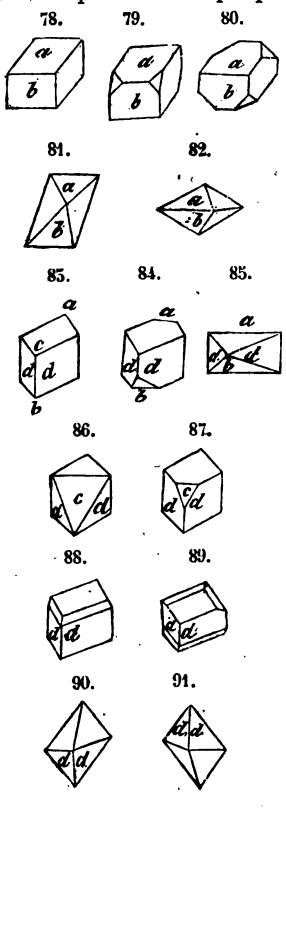
On voit, par cette seconde série d'observations, diverses sortes d'octaèdres, de parallélipipèdes et de solides pyramidaux qui se rattachent encore les uns aux autres, quelque différence qu'ils puissent en apparence offrir. En voici encore d'autres qu'il faut distinguer.

Digitized by Google

3° *Modifications des solides obliques.*

§ 22. Dans tous les solides que nous venons d'étudier, les faces sont ordonnées par rapport à un axe vertical; mais il y a des cristaux où l'on aperçoit une obliquité plus ou moins prononcée; et, si, à cette obliquité près, on reconnaît encore des résultats analogues à ceux que nous venons d'indiquer, on en trouve aussi de nouveaux qu'il est nécessaire d'étudier.

§ 23. **Octaèdres de diverses sortes.** — Il y a six espèces d'octaèdres qui n'existent pas parmi les précédents; voici comment :



1° Un parallélipipède oblique, fig. 78, se modifie souvent sur la moitié des angles solides, fig. 79 et 80; et, si les nouvelles faces s'étendent jusqu'à masquer les faces latérales anciennes et à réduire les autres à des triangles, il en résulte deux nouveaux octaèdres, fig 81 et 82, qui conservent quatre faces du parallélipipède.

2° Le parallélipipède inverse, fig. 83, en se modifiant sur les angles solides opposés *a* et *b*, fig. 84, conduit à un nouvel octaèdre, fig. 85, qui conserve les traces des six faces parallélipipédiques.

Lorsque, sur ce même parallélipipède inverse, des modifications ont lieu sur l'angle solide *c* et sur son opposé, fig. 86, il en peut résulter un octaèdre aplati du même genre, fig. 87.

3° Ce même solide se modifie souvent sur la moitié des arêtes des bases, fig. 88 et 89; et, lorsque les nouvelles faces s'étendent suffisamment, les faces latérales se réduisant à des triangles, il en résulte encore de nouveaux octaèdres, fig. 90, 91, qui conservent quatre des anciennes faces.

Digitized by Google

§ 24. **Parallélipipèdes de diverses obliquités.** — Un parallélipipède oblique, fig. 78, ne se modifie souvent que sur une seule arête à chaque base, fig. 92 ou 93. La face nouvelle peut alors se prolonger de manière à masquer la base ancienne, et il se fait de nouveaux parallélipipèdes, fig. 94 ou 95, plus ou moins obliques que le précédent, l'un dans le même sens, l'autre dans un sens inverse.

78.

92.

93.

94.

95.

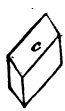
Dans les modifications sur les angles, fig. 84 et 86, il arrive aussi que les nouvelles faces font disparaître les bases, et il se forme encore de nouveaux parallélipipèdes obliques, fig. 96, 97.

84.

86.

Parmi toutes les inclinaisons possibles des nouvelles faces, fig. 84 ou 93, il peut se produire des parallélipipèdes droits.

96.

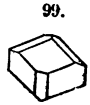
97. 

§ 25. **Autre production de parallélipipèdes.** — Parmi tous les parallélipipèdes obliques, fig. 83, il en est dont les faces, toutes égales, sont régulièrement ordonnées autour d'un axe passant par *a* et *b*, et qu'on peut dès lors placer verticalement comme fig. 98. Ces sortes de parallélipipèdes peuvent en produire une infinité d'autres du même genre de quatre manières différentes :

83.

1° En se modifiant sur les six arêtes qui concourent trois à trois aux sommets, fig. 99, ce qui conduit, par extension des nouvelles faces, au solide, fig. 100, et enfin au parallélipipède inverse, fig. 101;

98.

99. 

100.

101.

2° En se modifiant à chacun des sommets par trois faces, fig. 102; ce qui donne un solide comme le précédent, fig. 103, dont il peut exister un nombre infini d'espèces, suivant le plus ou moins d'inclinaison des faces modifiantes;

102.

103.

3° En se modifiant par trois faces tournées vers celle du parallélipipède, fig. 104, d'où résulte un solide de même position que celui dont on part, fig. 105;

104.

105.

Digitized by Google

106. 107.

108. 109.

4° En se modifiant sur les angles latéraux fig. 106, par des faces plus ou moins inclinées à l'axe; il se fait alors des parallélipipèdes de plus en plus aigus, tantôt inverses, fig. 107, 108, tantôt directs, fig. 109. Cette différence tient à la manière dont chaque facette se place, en s'inclinant vers une extrémité de l'axe ou vers l'autre. Le parallélisme à l'axe est la limite des deux sortes de solides.

§ 26. **Dodécaèdres pyramidaux.** — Lorsque les facettes modifiantes, fig. 106, réduisent les faces primitives à des triangles, il se fait, fig. 110, un dodécaèdre bipyramidal, qui devient régulier quand le parallélipipède inverse qui se produit est identique avec celui dont on part. Chaque parallélipipède pouvant avoir son inverse, il peut se faire un nombre infini de dodécaèdres.

110.

Indépendamment de ces dodécaèdres, où toutes les faces sont des triangles isocèles, il s'en produit beaucoup d'autres qui sont, en général, à triangles scalènes. Cela peut avoir lieu de quatre manières différentes :

111.

112.

113.

114.

115.

116.

1° Par la modification des six arêtes culminantes, chacune par deux faces, fig. 111, qui donne des dodécaèdres obtus, fig. 112, variables à l'infini, suivant les inclinaisons mutuelles des facettes modifiantes;

2° Par six facettes sur chacun des angles culminants, fig. 113, d'où résultent des solides analogues;

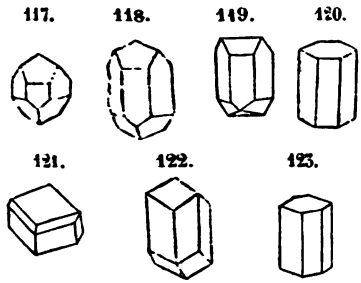
3° Par deux facettes à chacun des six angles latéraux, fig. 114, qui produisent des solides plus ou moins aigus, fig. 115;

4° Par deux faces sur chacune des six arêtes latérales, fig. 116; d'où résultent des solides analogues à ceux de la fig. 115, mais inverses, les faces culminantes se joignant alors sur les arêtes latérales du solide dont on part.

Il faut remarquer qu'à chaque solide produit par la modification, fig. 114, il peut toujours correspondre un solide identique inverse produit comme fig. 116.

Digitized by Google

§ 27. **Production de prismes hexagones.** — Nous avons déjà vu des solides de ce genre se former par la modification des arêtes latérales sur certains parallélipipèdes, § 19; mais les cristaux obliques qui nous occupent en présentent encore d'autres qui se produisent de deux manières :



1° Par la modification des angles latéraux, fig. 106, lorsque les facettes sont parallèles à l'axe : on arrive alors par extension à des solides, fig. 117, 118, et il ne faut plus qu'une modification au sommet, fig. 119, suffisamment profonde, pour avoir un prisme complet, fig. 120;

2° Par une modification sur les arêtes latérales, fig. 121, parallèlement à l'axe, ce qui donne par extension un autre prisme pyramidé, fig. 122; il en résulte par conséquent un second prisme hexagone, fig. 123; inverse du premier lorsqu'il se joint aussi une modification suffisamment profonde à chaque sommet.

DIVISION DES CRISTAUX EN SIX GROUPES.

28. L'observation fait voir que la coexistence ou la disjonction des facettes modifiantes sur les parties de même nom ne sont pas des effets du hasard; il se présente à cet égard une constance de résultats, d'une espèce ou de l'autre, dont il faut nécessairement chercher la cause dans des propriétés particulières que possèdent les solides modifiés. Ce sont ces propriétés, que nous allons maintenant étudier, qui établissent les six groupes cristallins que nous avons précédemment annoncés, § 12.

PREMIER GROUPE CRISTALLIN.

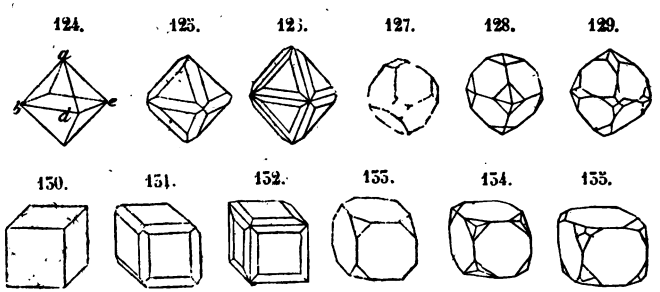
Octaèdre régulier, cube, etc.

§ 29. **Caractères physiques.** — Parmi tous les octaèdres que peuvent présenter les corps bruts, il en est un qui possède la propriété d'avoir toujours toutes les parties de même nom modifiées à la fois de la même manière; c'est-à-dire :

Digitized by Google

1° Que toutes les arêtes de ce solide fig. 124, sont modifiées à la fois par une seule face ou par deux, fig. 125 ou 126;

2° Que tous les angles solides sont remplacés à la fois, tantôt par une facette, fig. 127, tantôt par quatre, tournées vers les faces, fig. 128, ou vers les arêtes, fig. 129, et enfin par huit.



Le parallélipipède qui se rattache à cette espèce d'octaèdre, fig. 130, présente des propriétés corrélatives : les arêtes se modifient toutes à la fois, par une seule face ou par deux, fig. 131, 132; tous les angles solides sont aussi modifiés à la fois, par une face, fig. 133, ou par trois, fig. 134, 135, ou enfin par six.

C'est par suite de ces propriétés que se forment tous les solides, dont nous avons montré la production, §§ 14 et 15, fig. 6 à 33, et jamais aucun de ceux qui viennent ensuite.

§ 30. **Caractères géométriques.** — La mesure des angles dièdres fait voir que l'octaèdre a toutes ses faces également inclinées entre elles, et de 109° 28′ 16″. Le parallélipipède correspondant a toutes ses faces inclinées entre elles de 90°.

Dans les diverses modifications, chacune des nouvelles facettes s'incline du même nombre de degrés sur les faces adjacentes du solide qu'elles modifient.

Ces observations conduisent à d'autres caractères, qui ont sur les premiers l'avantage de la brièveté et de la netteté. On en déduit :

1° Que le tétraèdre qu'on peut rencontrer dans ce groupe est le *tétraèdre régulier* de la géométrie, formé de quatre faces triangulaires équilatérales inclinées entre elles de 70° 31′ 44″;

2° Que l'octaèdre est l'*octaèdre régulier*, à huit faces triangulaires équilatérales, inclinées de 109° 28′ 16″;

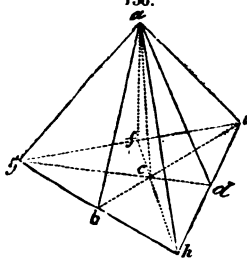
3° Que le parallélipipède qui s'y trouve est le *cube*, composé de six faces carrées.

Digitized by Google

§ 51. Il n'est pas inutile de donner quelques explications relatives à ces résultats.

1° Tétraèdre. — Un angle dièdre se mesure par les perpendiculaires menées dans les deux plans qui le forment, à un même point de l'arête de jonction. Ainsi, *ac*, fig. 136, étant perpendiculaire à la base du solide *abc* et *cb* perpendiculaires à l'arête *gh*, l'angle *acb* mesurera l'inclinaison des deux plans. De même *adc*, *afc*, seront les angles dièdres des autres plans.

136.



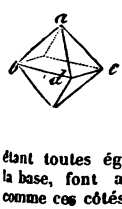
Maintenant l'observation montre que le tétraèdre de ce groupe a toutes ses faces également inclinées entre elles; donc tous les triangles *acb*, *acd*, *acf*, sont égaux, et par conséquent les lignes *cb*, *cd*, *cf*, de même grandeur; donc aussi le point *c*, projection du sommet, se trouve à égale distance des trois côtés.

On conclut de ces données que les traces des faces sur le plan horizontal, qui ne sont autre chose que les côtés de la base de la pyramide, font aussi entre elles des angles égaux; donc cette base est un triangle équilatéral; donc aussi les projections *cg*, *ci*, *ch*, des arêtes, sont égales, et par suite ces arêtes elles-mêmes.

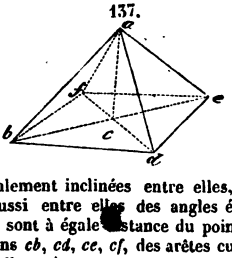
Les mêmes conséquences ayant lieu, quelle que soit celle des faces du solide qu'on prend pour base, il en résulte qu'elles présentent toutes des triangles équilatéraux et égaux.

2° Octaèdre. — Toutes les faces de l'une des pyramides étant également inclinées sur celles de l'autre, si l'on suppose un plan par les arêtes *bd*, *de*, fig. 124, on détachera une pyramide, fig. 137, dont les quatre faces sont également inclinées à la base, ce qui place la projection *c* du sommet à égale distance des quatre côtés.

124.



137.



Cela posé, les faces culminantes étant toutes également inclinées entre elles, leurs traces, qui sont les côtés de la base, font aussi entre elles des angles égaux et conséquemment droits; et, comme ces côtés sont à égale distance du point *c*, la base est un carré. De là il suit que les projections *cb*, *cd*, *ce*, *cf*, des arêtes culminantes, sont égales, et par conséquent ces arêtes elles-mêmes.

Maintenant, puisque toutes les faces sont également inclinées entre elles, si l'on prend pour sommet de l'octaèdre un angle quelconque, on arrivera au même résultat et l'on conclura que toutes les arêtes sont égales; donc toutes les faces sont des triangles équilatéraux égaux, ce qui est le caractère de l'octaèdre régulier.

3° Parallélipipède. — Toutes les faces étant à angle droit, le solide est rectangulaire et droit; mais les faces qui le produisent sur l'octaèdre, fig. 138, étant également inclinées sur les faces adjacentes, il en résulte qu'en se réunissant en *a*, fig. 139, elles sont toutes également inclinées sur la diagonale *ab*. Donc, si l'on fait passer un plan par les trois points *c*, *d*, *e*, on détachera une sorte de tétraèdre dont toutes les faces seront également inclinées à la base, où la projection du sommet se trouvera au centre, où la base sera un triangle équilatéral, où les arêtes culminantes seront égales (voy. ci-dessus 1°); donc ce parallélipipède est un cube.

138.

139.

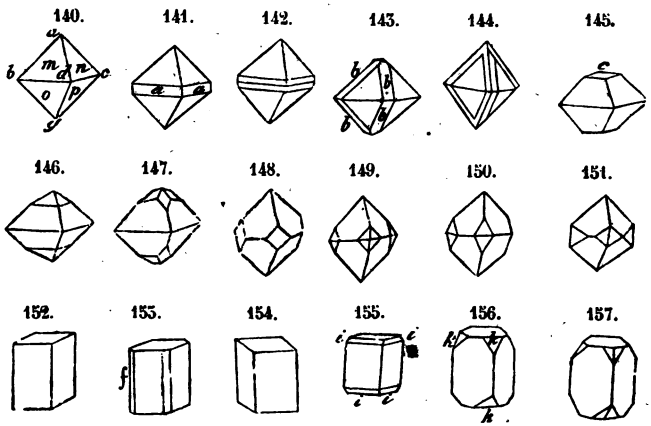
Digitized by Google

DEUXIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes à bases carrées.

§ 32. **Caractères physiques.** — Certains octaèdres, fig. 140, au lieu d'être modifiés à la fois sur toutes les arêtes, ne le sont souvent que sur les arêtes latérales, fig. 141, 142, ou sur celles du sommet, fig. 143 ou 144, par une face ou par deux.

Sur les angles il se fait aussi isolément diverses modifications au sommet, fig. 145 à 147, par une face ou par quatre; il s'en fait de même isolément sur les angles latéraux, fig. 148, 149, et, quand alors les facettes sont tournées vers les arêtes, fig. 150, 151, elles ne vont que deux à deux.



Un parallélipipède de ce groupe, fig. 152, se modifie isolément sur les arêtes latérales, fig. 153, ce qui donne lieu au parallélipipède inverse, fig. 154, ou bien sur les arêtes des bases, fig. 155. Sur les angles il se modifie par une face, fig. 156, ou par deux, fig. 157; jamais essentiellement par trois, comme il arrive dans le premier groupe.

Par suite de ces propriétés, il existe dans ce groupe diverses sortes d'octaèdres directs ou inverses, deux parallélipipèdes inverses, des prismes et des pyramides octogones, enfin tous les solides dont nous avons indiqué la production, § 16 à 18.

Digitized by Google

§ 33. **Caractères géométriques.** — Aucun des octaèdres de ce groupe ne présente entre ses faces l'égalité d'inclinaison qui caractérise l'octaèdre régulier. Autour de deux sommets, *a* et *g*, fig. 140, les quatre faces culminantes sont bien également inclinées entre elles, mais d'un sommet sur l'autre les angles sont différents, quoique aussi tous égaux entre eux.

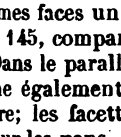
Les modifications sur les parties de même nom ne sont pas non plus toutes également inclinées sur les faces adjacentes. Les facettes *a*, fig. 141, s'inclinent également sur les faces voisines et sous un certain angle; mais les facettes *b*, fig. 143, font avec ces mêmes faces un angle différent. Il en est de même des facettes *c*, fig. 145, comparées aux facettes *d*, fig. 148.

Dans le parallélipipède, chaque facette latérale *f*, fig. 153, s'incline également sur les faces voisines, et toutes de la même manière; les facettes *i*, fig. 155, s'inclinent inégalement sur la base et sur les pans, mais toutes de même. Aux angles solides, chaque facette *k*, fig. 156, s'incline également sur les deux faces latérales, mais autrement sur la base.

De là il suit que les octaèdres sont ici à base carrée; les arêtes culminantes sont égales, d'une certaine longueur et celles de la base d'une longueur différente. Les parallélipipèdes ont toutes leurs faces à angle-droit, mais les bases sont des carrés et les pans des rectangles; ce sont des *prismes à bases carrées*.

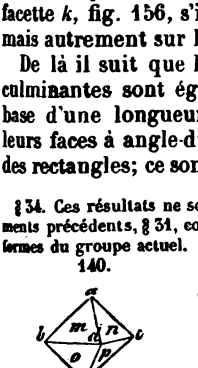
§ 34. Ces résultats ne sont en quelque sorte que les conséquences des raisonnements précédents, § 31, combinés avec les données particulières que fournissent les formes du groupe actuel.

140.



Dans l'octaèdre, fig. 140, en prenant *ag* pour axe, on conclut de l'égalité d'inclinaison des faces d'une pyramide sur l'autre, que la projection du sommet est au centre de la base commune (§ 31, 2°). De là, et de l'égalité d'inclinaison des faces culminantes entre elles, on conclut que la base est un carré, et que dès lors les arêtes qui concourent aux sommets *a* et *g* sont égales.

153.



Les choses ne se passent pas de même sur un autre sommet *b* : la pyramide, qu'on peut détacher, fig. 158, a bien ses quatre faces également inclinées à la base, mais non entre elles. Il y a un certain angle de *abd* sur *bgd*, et un autre sur les faces en retour; par conséquent les angles que forment entre elles les arêtes de la base ne sont pas égaux. L'angle en *d*, et son opposé en *f*, sont d'une valeur, et les angles en *a* et *g* d'une autre; d'où il suit que la base est un rhombe, car les arêtes sont égales, d'après la première observation. De là inégalité dans les projections *ca*, *cd* des arêtes *ab*, *bd* et par conséquent dans ces arêtes mêmes.

Quant aux prismes, leur nature résulte de leur pro-

Digitized by Google

159. 160.

duction sur l'octaèdre à base carrée. L'un deux se forme de la réunion des modifications, fig. 145 et 148, d'où résulte le polyèdre, fig. 159. Or les facettes *a* sont toutes inclinées également et d'un certain angle sur les faces adjacentes, et la facette *b* est inclinée sous un autre angle; donc, quand elles se réunissent pour former l'angle solide *c* du parallélipipède, fig. 160, les faces latérales sont toutes deux inclinées à l'axe *cd* d'une certaine manière, et la base est inclinée autrement.

Il résulte de là que, dans le tétraèdre qu'on pourrait détacher en faisant passer un plan par *e*, *f*, *g*, la projection du sommet serait à égale distance des côtés *ef*, *gf*, et à une distance différente de *eg*. La base serait donc un triangle isocèle, et les projections des arêtes *cg*, *ce*, seraient égales, tandis que la projection de *cf* serait différente. Cela montre l'égalité des deux premières arêtes, et la différence de la troisième. La base est donc un carré, et les faces latérales des rectangles.

On trouverait le même résultat pour le prisme inverse, qui se produit sur l'octaèdre inverse de la même manière que le précédent.

TROISIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes droits, rectangulaires ou rhomboïdaux.

§ 35. **Caractères physiques.** — Il y a des octaèdres, fig. 161, qui ne se modifient pas même essentiellement sur toutes les arêtes latérales à la fois. Il n'y en a souvent que deux de modifiées, tantôt par une face, fig. 162 ou 163, tantôt par deux.

Souvent aussi il n'y a que deux facettes au sommet, fig. 164 ou 165, au lieu de quatre, comme précédemment, fig. 146, § 32.

Les octaèdres inverses, fig. 166, se conduisent autrement : les quatre arêtes latérales se modifient toujours ensemble, fig. 167; mais il n'y a souvent que la moitié des arêtes culminantes de modifiées, par exemple fig. 168, et il en est de même des angles latéraux, par exemple fig. 169.

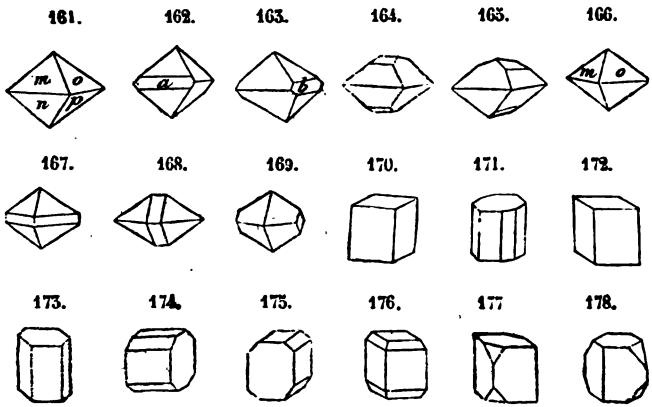
Les parallélipipèdes ont aussi des caractères particuliers : l'un, direct, fig. 170, peut être modifié à la fois sur toutes les arêtes latérales, fig. 171; l'autre, inverse du premier, fig. 172, ne se modifie souvent que sur la moitié de ces arêtes, fig. 173, d'où résulte un prisme hexagone.

Le parallélipipède direct ne se modifie souvent que sur la moitié des arêtes des bases, fig. 174 ou 175, en donnant des parallélipipèdes renversés. L'autre se modifie sur toutes les arêtes, fig. 176; mais en revanche il n'a souvent que la moitié des angles solides modifiés, fig. 177 ou 178, tandis que dans le premier tous les angles se modifient à la fois.

C'est de ces propriétés que résultent les octaèdres particuliers,

Digitized by Google

les prismes et les pyramides hexagones, etc., que nous avons vus §§ 19 à 21, ce qui n'empêche pas beaucoup de formes plus ou moins analogues en apparence à celles du groupe précédent.



§36. **Caractères géométriques.**—Certains octaèdres de ce groupe sont tellement constitués, que les faces *m* et *n*, fig. 161, s'inclinent entre elles sous un certain angle, et les faces *o* et *p* sous un autre; mais vers un même sommet les quatre faces font toutes entre elles le même angle. Les facettes modifiantes *a* et *b*, fig. 162 et 163, s'inclinent chacune également sur les deux faces adjacentes; mais l'une sous un certain angle, l'autre sous un angle différent.

L'un des parallélipipèdes, fig. 170, est rectangulaire; mais l'autre, fig. 172, présente deux sortes d'angles entre ses pans. Dans le premier, une facette placée sur une arête latérale et inégalement inclinée sur les faces adjacentes; dans l'autre, ces inclinaisons sont égales, mais d'un certain angle pour deux facettes opposées, et d'un angle différent pour les deux autres, etc.

Dans les octaèdres inverses, fig. 166, les faces d'un sommet sont également inclinées sur celles du second; mais vers un même sommet les faces présentent deux sortes d'inclinaisons mutuelles : l'une de *m* sur *o*, l'autre de *m* ou de *o* sur la face de retour.

Il suit de ces données que les *octaèdres directs sont à base rectangle*, les *octaèdres inverses à base rhombe*, et que des deux prismes, l'un est *à base rectangulaire*, l'autre *à base rhombe*. Les deux parallélipipèdes à axe renversé sont aussi à base rhombe.

Digitized by Google

§ 37. Il nous suffira de quelques observations pour démontrer ces résultats.

1° Dans l'octaèdre rectangulaire, fig. 161, il résulte des deux sortes d'inclinaisons des faces culminantes sur la base commune que la projection du sommet est à égale distance de deux des arêtes de cette base, et à une distance différente des deux autres; donc la base a les côtés inégaux (voy. § 31, 2°).

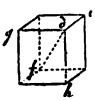
D'un autre côté, les faces culminantes étant également inclinées entre elles, les quatre angles de la base sont égaux, et par conséquent droits; donc la base est un rectangle: mais alors les demi-diagonales sont égales, donc les arêtes culminantes dont elles sont les projections le sont aussi.

2° Les caractères de l'octaèdre, fig. 166, sont précisément ceux de la pyramide que nous avons considérée § 34, et c'est en raisonnant de même qu'on voit ici que la base est un rhombe et qu'il y a deux sortes d'arêtes à chaque sommet, arêtes qui ne sont pas les mêmes que celles de la base commune.

3° Le premier de nos parallélipipèdes résulte de la modification du sommet réunie à celle des angles latéraux dans l'octaèdre à base rhombe, comme fig. 179. Or chacune des faces *a*, *b*, *c*, s'incline d'une manière différente sur la face adjacente de l'octaèdre; donc, en se réunissant pour former l'angle solide *d*, fig. 180, elles se trouvent inégalement inclinées sur l'axe *df*. Il en résulte que dans le tétraèdre qu'on pourrait détacher en faisant passer un plan par *e*, *g*, *h*, la projection du sommet serait à des distances inégales des trois côtés de la base; les projections des arêtes culminantes seraient toutes trois inégales, et, par conséquent, ces arêtes elles-mêmes; donc le solide rectangulaire a ses trois dimensions inégales.

179.

180.



4° L'autre parallélipipède provient de la modification de l'octaèdre rectangulaire sur ses six angles solides, fig. 181. Or les faces *b* font toutes deux le même angle avec *c*, et la face *a* fait un angle différent: donc, en se réunissant pour former l'angle *i* du parallélipipède, fig. 182, les faces latérales font des angles égaux avec la diagonale *ik*, et la base fait un angle différent. On conclut de là, comme § 34, que les deux arêtes des bases sont égales, et l'arête latérale différente. Mais, comme ici les faces latérales ne sont pas à angle droit l'une sur l'autre, la base est un rhombe au lieu d'un carré.

181.

182.

QUATRIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes obliques rectangulaires ou rhomboïdaux.

§ 38. **Caractères physiques.** — Nous n'examinerons ici que les octaèdres et les parallélipipèdes qui ont le plus de rapport avec ceux du groupe précédent, pour constater les différences.

L'octaèdre, fig. 183, diffère essentiellement des précédents, en ce que souvent il ne se modifie plus que sur la moitié des arêtes culminantes, fig. 184 ou 185.

Au sommet, au lieu de se modifier par quatre faces tournées vers les arêtes, il ne se modifie plus que par deux, fig. 186.

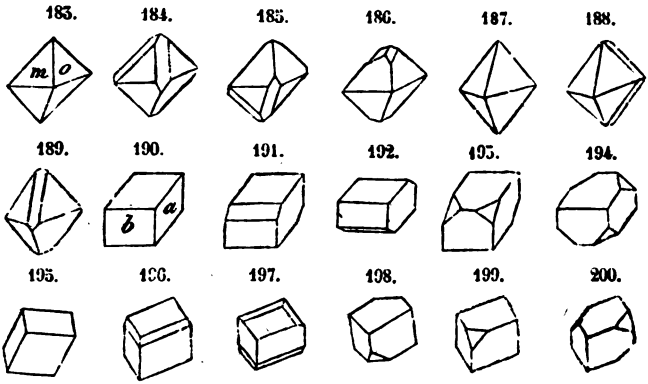
L'octaèdre inverse, fig. 187, se modifie bien sur les quatre arêtes

Digitized by Google

latérales comme dans le groupe précédent, fig. 167, ou bien sur les deux arêtes de côté à chaque sommet, fig. 188; mais il ne se modifie que sur la moitié des autres, fig. 189.

Le parallélipipède, fig. 190, se modifie sur les quatre arêtes latérales des bases, comme fig. 175, § 35; mais il ne se modifie souvent que sur la moitié des autres, par exemple, fig. 191 ou 192; comme aussi sur la moitié des angles solides, fig. 193 ou 194.

Le parallélipipède inverse, fig. 195, ne se modifie que sur la moitié des arêtes des bases, fig. 196 ou 197 : on ne le trouve sou-



vent modifié que sur deux angles solides opposés, fig. 198 ou 199, ou bien sur les quatre autres à la fois, fig. 200.

De ces propriétés résultent tous les octaèdres et parallélipipèdes particuliers dont nous avons vu la production § 23 et 24.

§ 39. **Caractères géométriques.** — Dans les octaèdres directs, fig. 183, il y a deux sortes d'angles de la pyramide supérieure sur l'inférieure, et deux sortes d'angles entre les faces culminantes, l'un de *m* sur *o*, l'autre de *o* sur la face de retour.

Dans l'octaèdre inverse, fig. 187, il y a deux sortes d'angles à la base et trois sortes d'angles entre les faces culminantes.

Dans le prisme direct, fig. 190, les faces latérales sont à angle droit, et il en est de même de la base sur les faces latérales *a;* mais de cette base sur *b*, et sur son opposé, les angles sont obliques.

Dans le prisme inverse, fig. 195, il n'y a pas d'angle droit, car la base fait aussi des angles obliques avec les faces latérales.

Les facettes modifiantes sont aussi inégalement inclinées sur les

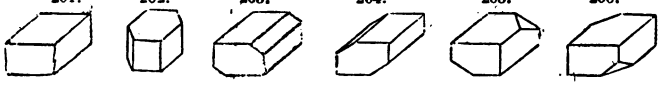
Digitized by Google

faces voisines, quoique toutes celles du même ordre s'inclinent de la même manière.

CINQUIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Parallélipipèdes obliques obliquangles.

§ 40. Il n'y a jusqu'à présent dans ce groupe que des parallélipipèdes, fig. 201, diversement modifiés, qui se distinguent des précédents par différents caractères :



1° En ce que, s'ils se modifient sur deux arêtes latérales opposées, fig. 202, les facettes ne sont pas inclinées également sur les faces adjacentes, comme cela a lieu dans le cas des prismes rhomboïdaux, fig. 173, droits ou obliques.

2° En ce que souvent ils ne se modifient que sur une arête à chaque base, quelle qu'en soit l'espèce, par exemple, fig. 203, 204; tandis que, dans le groupe précédent même, les deux arêtes latérales de chacune des bases se modifient toujours à la fois aussi bien que dans la troisième, fig. 175, § 35.

3° En ce qu'ils ne se modifient que sur deux angles solides opposés, par exemple, fig. 205, 206; tandis que, dans le groupe précédent, on trouvait fréquemment les mêmes modifications sur quatre angles à la fois, fig. 193, 194, 200.

Ces propriétés conduisent à reconnaître que ces parallélipipèdes sont non-seulement *obliques*, mais encore *à base de parallélogramme obliquangle*, c'est-à-dire qu'ils ne sont ni rectangulaires ni rhomboïdaux.

SIXIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Rhomboèdres, prismes hexagones réguliers, etc.

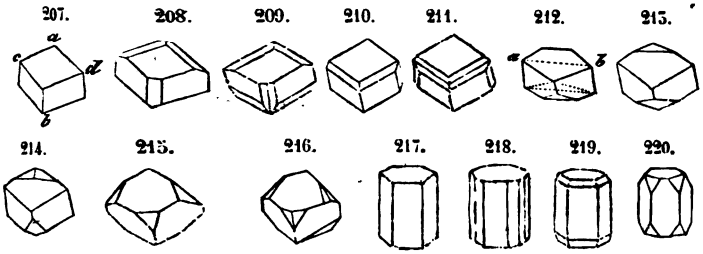
§ 41. **Caractères physiques.** — Ici les octaèdres sont très-rares, et nous ne nous en occuperons pas. Les formes dominantes sont des parallélipipèdes et des prismes hexagones.

Les parallélipipèdes, fig. 207, diffèrent beaucoup des prismes rhomboïdaux obliques, par le nombre et la position des facettes modifiantes qui se manifestent sur leurs diverses parties.

Ils se modifient à la fois sur les six arêtes qui aboutissent trois à trois à chacun des angles opposés *a* et *b*, soit par une seule face, soit par deux, fig. 208, 209. Des modifications de même genre, par

Digitized by Google

une facette ou par deux, se placent aussi à la fois sur les six autres arêtes, fig. 210, 211. On voit là une grande différence avec les prismes obliques précédents, qui ne se modifient que sur quatre des arêtes que nous venons d'indiquer (*voy.* fig. 196, 197).



Ces parallélipipèdes se modifient aussi comme les prismes obliques, fig. 198, par une face sur chacun des angles opposés culminants, fig. 212, en donnant aussi une espèce d'octaèdre; mais, de plus, la modification se fait souvent par trois faces tournées vers celles du solide, fig. 213, ou vers les arêtes, fig. 214. Une différence plus grande encore, c'est que les six autres angles se modifient tous à la fois, fig. 215, et même par deux faces, fig. 216; tandis que dans le prisme oblique ordinaire il n'y a souvent que quatre de ces angles de modifiés ensemble, fig. 200, les deux autres se modifiant séparément, fig. 199.

Le prisme hexagone qui appartient à ce groupe, fig. 217, se modifie à la fois sur toutes les arêtes latérales, fig. 218, ou bien sur toutes les arêtes des bases, fig. 219, ou enfin sur tous les angles solides, fig. 220*.

C'est d'après ces propriétés que le solide donne un grand nombre

---

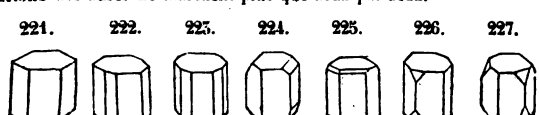
* Le prisme hexagone du troisième groupe, fig. 221, se modifie de la manière suivante :

1° Sur deux ou sur quatre arêtes latérales, fig. 222, 223.

2° Sur deux ou sur quatre arêtes à chaque base, fig. 224, 225;

3° Sur deux ou sur quatre angles solides à chaque base, fig. 226, 227.

Dans le quatrième groupe, les modifications latérales se font de même, mais les modifications des bases ne marchent plus que deux par deux.



Digitized by Google

de parallélipipèdes plus ou moins aigus, directs ou inverses, ainsi que les prismes et les dodécaèdres dont nous avons indiqué la production, § 25 à 27.

§ 42. **Caractères géométriques.**—La mesure des angles fait voir que dans les parallélipipèdes de cette espèce, les trois faces qui concourent aux sommets *a* ou *b* sont également inclinées entre elles; de plus, les faces *a* ou *b*, produites aux sommets, fig. 212, sont également inclinées sur les trois faces adjacentes. De ces données on conclut que toutes les arêtes du solide sont égales, et, comme en outre on ne trouve aucun angle droit, il en résulte que toutes les faces sont des rhombes égaux disposés symétriquement autour d'un axe *ab*. Ce solide prend, à cause de la forme de ces faces, le nom de *rhomboèdre* *.

Le prisme hexagone a toutes ces faces latérales inclinées entre elles de 120°; c'est le caractère du *prisme hexagone régulier*.

§ 43. **Systèmes cristallins. Réduction des cristaux à six formes.** — On doit voir maintenant que les six groupes, entre lesquels se partagent toutes les formes, diffèrent essentiellement les uns des autres par toutes les propriétés, physiques et géométriques, des solides qu'ils renferment. Nous n'avons comparé, à la vérité, que les octaèdres, les parallélipipèdes et les prismes à base d'hexagone; mais la comparaison se ferait également entre tous les autres solides, et l'on arriverait à des résultats analogues.

Ainsi, dans chaque groupe, toutes les formes composent un système où tout est rigoureusement coordonné, et que l'on ne peut confondre sous aucun rapport avec le système voisin; c'est pourquoi chacun des groupes est aussi désigné sous le nom de *système cristallin*. Si l'on prend, par exemple, le parallélipipède pour terme de comparaison, on aura :

1° Le *système cubique*, auquel se rapportent l'alun, le sel commun, le diamant, le grenat, etc.;

2° Le *système prismatique carré*, auquel se rapportent, par exemple, le minerai d'étain, le calomel, etc.;

3° Le *système prismatique rectangulaire* ou *rhomboïdal, droit*, auquel se rapportent la topaze, le soufre, les sulfates de baryte et de plomb, l'émétique, etc.;

4° Le *système prismatique rectangulaire*, ou *rhomboïdal oblique*,

---

* Si l'on conçoit un plan qui passe par les trois diagonales placées comme *cd*, fig. 207, on aura un tétraèdre qu'on calculera comme § 31, et pour lequel on trouvera que la base est un triangle équilatéral, et que les arêtes culminantes sont égales.

Digitized by Google

auquel se rapportent la pierre à plâtre, le sulfate de fer ou couperose verte, l'acide oxalique, etc.

5° Le *système prismatique oblique à base de parallélogramme obliquangle*, auquel se rapportent, par exemple, le sulfate de cuivre ou couperose bleue, le quadroxalate de potasse, l'acide paratartrique, l'axinite, etc.;

6° Enfin, le *système rhomboédrique*, qu'on observe dans la pierre calcaire, le cristal de roche, l'émeraude, l'azotate de soude, etc.

Maintenant, puisque, dans chaque groupe, les différentes formes se déduisent facilement les unes des autres, il est clair qu'une forme simple quelconque de chacun d'eux peut être considérée comme type de toutes les autres; par conséquent toutes les formes cristallines se rattachent à six espèces de solides d'un même genre, qui diffèrent par leurs propriétés diverses : six espèces d'octaèdres dont chacun a ses caractères particuliers, ou six espèces de parallélipipèdes, etc.; seulement on ne pourrait pas dire six espèces de prismes hexagones, puisque les deux premiers groupes ne comportent pas ce genre de formes.

Il suffit donc de se faire une idée nette de six espèces de solides, pour acquérir celle de tous les genres de formes cristallines qu'on peut trouver parmi les corps bruts. Par conséquent, aussi, toute la cristallisation d'une substance peut être représentée par une seule forme, convenablement choisie, et bien déterminée quant à ses dimensions relatives. C'est une telle forme qu'on nomme la *forme type* ou la *forme primitive* de la substance.

Faisons comprendre ce que cela signifie. Tous les solides réguliers sont déterminés par eux-mêmes; ainsi un cube, un octaèdre régulier, ou un tétraèdre, sont chacun des solides uniques qui n'admettent aucune variété. Mais il peut exister un nombre infini de prismes à bases carrées ou rectangulaires; un nombre infini d'octaèdres à bases carrées, à bases rectangulaires, ou de tétraèdres irréguliers : tout dépend du rapport qu'il peut y avoir entre la longueur de certaines arêtes et celle des arêtes d'une espèce différente. Ainsi, pour donner une idée nette d'un prisme à base carrée, il faut indiquer le rapport entre la hauteur et le côté de la base; par exemple, dire que la base est 1 et la hauteur 2, 3, ou 4, etc. Voy. § 75.

§ 44. **Loi de symétrie.** — Si l'on compare maintenant les caractères physiques des principales formes de chaque groupe avec les caractères géométriques, on arrive à un fait général qu'on a nommé *loi de symétrie*, savoir : que *dans un cristal toutes les parties de même espèce sont modifiées à la fois et de la même manière;* ou réciproquement : que *les parties d'espèces différentes se modifient isolément* ou *différemment.*

Ainsi, quand toutes les arêtes d'un cristal sont de même espèce, elles restent toutes intactes à la fois ou se modifient toutes à la fois

Digitized by Google

de la même manière. C'est ce qui a lieu dans le cube, dans l'octaèdre régulier, etc.

Quand il y a plusieurs espèces d'arêtes, il y a autant d'espèces de modifications qui peuvent marcher chacune isolément; c'est ce que l'on voit dans les octaèdres à base carrée, à base rectangulaire, etc., ou dans les prismes de ces divers groupes. En effet, s'il y a dans les uns deux espèces d'arêtes, il s'y présente aussi deux espèces de modifications indépendantes; et, s'il y a trois espèces d'arêtes dans les autres, il s'y trouve de même trois espèces de modifications, etc.

Il faut observer que par arêtes de même espèce on n'entend pas seulement des arêtes égales, mais des arêtes qui présentent à la fois le caractère d'égalité et celui de position à la jonction de plans qui font entre eux des angles égaux. Ainsi, dans un prisme rhomboïdal, les quatre arêtes latérales sont égales, et cependant elles sont de deux espèces; il y en a deux à l'intersection des pans sous un angle aigu, tandis que les deux autres se trouvent à leur rencontre sous un angle obtus.

On conçoit facilement, d'après cela, que, dans des prismes droits à bases carrées ou à bases rhombes, toutes les arêtes des bases soient de même espèce, puisque les faces qui les forment se rencontrent toutes à angle droit; mais il n'en est plus de même dans les prismes obliques, parce qu'alors il y a des arêtes qui correspondent à des angles dièdres aigus, et d'autres qui correspondent à des angles obtus.

Expliquons aussi ce que signifient les expressions *modifié de la même manière* ou *modifié différemment*. Pour cela il faut prendre la mesure des angles, Par exemple, dans un prisme à bases carrées, il arrive souvent que toutes les arêtes, dont il y a cependant deux espèces, se trouvent modifiées à la fois, comme fig. 228; mais alors elles le sont différemment. En effet, la mesure des inclinaisons fait voir que chaque facette latérale est également inclinée sur les deux faces adjacentes; mais chacune des facettes formées sur les arêtes des bases présente deux sortes d'inclinaisons, l'une sur la base, l'autre différente sur la face latérale correspondante. C'est par là que le prisme, ainsi modifié, diffère du cube modifié lui-même sur toutes ses arêtes, fig. 229, qui a la même apparence; car ici, l'une quelconque des facettes modifiantes, quelle que soit sa position, présente toujours la même inclinaison sur les deux faces qu'elle rencontre.

228.

229.

Voici, à cet égard, ce que l'observation nous offre toujours :

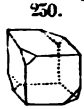
Digitized by Google

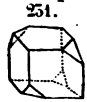
lorsqu'une arête se trouve à l'intersection de deux faces égales, une facette unique qui la remplace est toujours également inclinée sur ces deux faces. Si l'arête se trouve, au contraire, entre deux faces inégales, la facette qui la remplace est toujours inégalement inclinée. C'est ce complément de la loi de symétrie qu'on veut indiquer en disant que les modifications se font de la même manière ou d'une manière différente.

Tout ce que nous avons dit à l'égard des arêtes doit être dit aussi des angles solides.

§ 45. **Exceptions apparentes.** — Il y a cependant quelques cas où les modifications se font autrement que nous ne venons de l'indiquer, et paraissent dès lors faire exception à la loi de symétrie ; mais ces faits ne sont pas plus des anomalies que les autres ; ils nous présentent seulement un nouvel ordre de phénomènes qui complète l'idée qu'on doit prendre des parties de même espèce ou d'espèces différentes. Établissons les faits.

1° Dans certains cristaux cubiques (boracite) dont les huit angles solides, par conséquent, sont géométriquement identiques, il arrive qu'il n'y a que quatre de ces angles de modifiés, soit comme fig. 230, soit comme fig. 231 ; ou, aux extremités de chaque diagonale solide il se trouve un angle modifié et un angle intact. Cette circonstance conduit, pour le premier cas, à un tétraèdre placé comme fig. 232, et pour le second à un tétraèdre placé comme fig. 233.

230. 

231. 

232.

233.

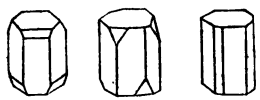
De ce que les angles solides étaient identiques et ne se modifiaient pas tous en même temps, on a conclu qu'il y avait exception à la loi de symétrie. Mais on peut penser également que, si tous les angles sont géométriquement identiques, ils ne le sont pas physiquement, et que sous ce rapport la loi de symétrie subsiste. Cela dépendra de la forme de la molécule ; car, si l'on suppose par exemple que le parallélipipède de la boracite est composé de petits tétraèdres rangés en files de manière qu'une base corresponde à un angle solide et le sommet à l'angle opposé, il est clair que ces angles seront physiquement d'espèces différentes : la loi de symétrie veut alors que l'un puisse être modifié sans l'autre.

2° Dans les prismes à bases d'héxagone régulier on trouve quelque chose de semblable. Toutes les arêtes latérales sont égales et géométriquement identiques, toutes les arêtes des bases offrent entre elles la même identité ; enfin, tous les angles solides sont égaux.

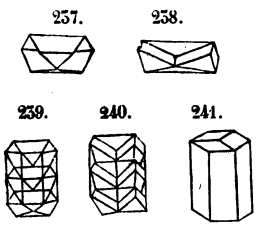
Digitized by Google

Donc, d'après la loi de symétrie, toutes les arêtes des bases doivent être modifiées en même temps de la même manière; et il en est de même des arêtes latérales, ainsi que des angles solides; c'est, en effet, ce qui existe dans beaucoup de substances, par exemple, dans l'émeraude.

Mais il y a des corps pour lesquels les choses se passent autrement. Dans quelques-uns, le prisme hexagone se modifie seulement sur trois arêtes alternatives de bases, fig. 234, ou sur trois angles, fig. 235 (calcaire, rubis, saphir); ailleurs, il n'y a de modifications que sur trois arêtes alternes latérales, fig. 236 (tourmaline).



Tout cela a été considéré comme autant d'exceptions à la loi de symétrie; et cependant, en prenant les structures en considération, on voit que cette loi est parfaitement conservée. Ainsi les prismes qui se modifient sur toutes les parties géométriquement identiques peuvent être considérés comme formés de petites molécules prismatiques de même espèce, ou de prismes triangulaires équilatéraux. Ceux qui ne se modifient que sur la moitié des angles solides ou bien sur la moitié des arêtes des bases sont formés de molécules rhomboédriques, modifiés au sommet et sur les parties latérales, fig. 237 ou 238, et empilés dans le sens de leur axe, fig. 239 ou 240.



Quant aux prismes qui se modifient sur trois des arêtes latérales, on pourrait les considérer, par exemple, comme composés de trois prismes rhomboïdaux, de 60° et 120°, fig. 241, dont l'ensemble présenterait alors latéralement trois arêtes d'une espèce et trois autres physiquement différentes; il y aurait de même deux espèces d'angles solides sous le rapport physique. Mais, pour parvenir ainsi à fixer une forme aux molécules composantes, il faut connaître exactement toutes les propriétés du cristal, afin de les mettre toutes en harmonie par le choix qu'on doit faire, et ce ne peut être que le résultat d'une étude très-approfondie.

3° *Dodécaèdre pentagonal et icosaèdre.* — Il y a des cubes qui offrent aussi des propriétés telles, que leurs arêtes, qui sont toutes modifiées à la fois, et géométriquement de la même manière, présentent, en outre, ce caractère, que la facette produite est inégale-

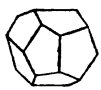
Digitized by Google

242.

ment inclinée sur les faces adjacentes, d'où il suit que ces faces ne sont pas physiquement identiques; en effet, elles sont souvent striées, comme figure 242, et de manière que les stries d'une face sont perpendiculaires à celles de l'autre.

Quelle que soit la forme moléculaire qui puisse rendre compte de ces différences, la modification des arêtes du cube, fig. 243, par une seule face conduit à un polyèdre que nous n'avons pas encore aperçu; c'est un dodécaèdre pentagonal, fig. 244, qui est caractérisé par des inclinaisons mutuelles d'environ 127° entre certaines faces, et d'environ 113° 30′ entre les autres*. Ce polyèdre, en se combinant avec les modifications des angles solides du cube, en produit un autre composé de vingt faces triangulaires, fig. 245 : c'est un icosaèdre formé de huit triangles équilatéraux, correspondant aux faces de l'octaèdre, et de douze triangles isocèles; en quoi il diffère de l'icosaèdre de la géométrie, dont tous les triangles sont équilatéraux. Souvent les faces de l'octaèdre sont fort agrandies par rapport aux autres, et le solide se présente comme fig. 246. On voit également dans cette figure que les arêtes de l'octaèdre ne sont pas toutes de même espèce, puisque les modifications se réduisent à deux à chaque sommet.

243.

244. 

245.

246.

§ 46. **Dimorphisme et isomorphisme.** — Il résulte nécessairement de ce que nous venons de voir que les formes cristallines doivent offrir un puissant moyen de distinction dans les corps bruts qui en sont susceptibles; les uns appartenant alors à un système déterminé, les autres à un système différent; tous offrant d'ailleurs des dimensions relatives particulières dans les formes primitives qu'il faut adopter pour les représenter.

Cependant il existe deux phénomènes remarquables qui restreignent beaucoup l'importance de ces formes : ce sont ceux qu'on désigne sous les noms de *dimorphisme* et d'*isomorphisme*.

Le *dimorphisme* est la faculté que possèdent quelques substances, identiques par leur nature, de cristalliser sous des formes qui appartiennent à des systèmes différents. Il en existe aujourd'hui

---

* Le dodécaèdre pentagonal de la géométrie a toutes ces faces inclinées entre elles de 116° 33′ 32″; tous les angles plans sont de 108°. Dans le dodécaèdre pentagonal naturel, il y a deux angles plans de 106 37′, deux de 102° 38′ et un de 191° 50′.

Digitized by Google

plusieurs exemples; mais le plus anciennement connu est fourni par la pierre calcaire, qui, d'un côté, cristallise dans le système rhomboédrique, où elle forme le *spath d'Islande*, et de l'autre, dans le système prismatique rectangulaire droit, où elle forme ce qu'on nomme l'*aragonite*. Ces variations de systèmes entraînent le changement de toutes les autres propriétés physiques de la substance : la dureté, le poids spécifique, les caractères optiques, etc.

L'*isomorphisme* consiste en ce que des corps de diverse nature affectent souvent la même forme, ou du moins des formes du même genre, qui ne diffèrent que par les dimensions relatives de leurs diverses parties. Cette propriété tient à ce que certains corps simples, avec des caractères particuliers qui les distinguent, ont aussi des propriétés communes qui les rapprochent; et entre autres celle de donner la même forme aux composés d'un même ordre qu'ils peuvent former avec des corps déterminés, §§ 146, 155. C'est ainsi que le soufre et le sélénium produisent des corps identiques par la forme, en se combinant avec le plomb, l'argent, le zinc, etc.; que les oxydes de fer, de manganèse, de chrome, d'aluminium, etc., présentent une série de corps identiques à tel degré d'oxydation, une autre série à un degré différent, et qu'en se combinant avec un acide, ils constituent aussi des sels qui se ressemblent complétement sous ce rapport.

Causes des variations des formes dans chaque système, et des changements de système.

§ 47. **Variations dans un même système.** — S'il est évident que dans chaque système cristallin il peut exister des formes très-variées, on se demande naturellement comment il se fait qu'un même corps, en cristallisant, puisse prendre tantôt une de ces formes, tantôt l'autre. Cette question m'a conduit autrefois à faire beaucoup de recherches sur les sels qu'on peut dissoudre et faire cristalliser à volonté. J'en ai tiré ce fait général, que ces variations dépendent de la nature du liquide qui sert de dissolvant, des matières qu'il peut renfermer en même temps que celles qui cristallisent, et de la température. En voici des exemples :

Résultats de laboratoire. — L'alun du commerce, épuré par plusieurs cristallisations successives, finit par donner, dans l'eau pure, des octaèdres très-nets, et complets dans toutes leurs parties. Mais, si à une telle solution on ajoute quelque autre sel, quelque acide ou quelque base, on obtient des cristaux modifiés, ou même entièrement différents. Avec l'acide azotique, les quatre angles solides de l'octaèdre sont chacun remplacés par une face. Avec l'acide

Digitized by Google

chlorhydrique, on obtient les facettes qui conduisent à l'icosaèdre. L'acide borique détermine la formation de cristaux cubiques; quelques gouttes de carbonate de potasse ou d'ammoniaque, ou même un carbonate en poudre agité dans la liqueur, produisent le même résultat. Une solution saturée à 100° ne produit que des cristaux octaèdres; mais, saturée en vase clos à des températures plus élevées, elle donne lieu en refroidissant à des dodécaèdres rhomboïdaux et à des trapézoèdres. On peut donc obtenir de l'alun sous des formes très-variées, qui tiennent entièrement aux circonstances dans lesquelles ce corps a cristallisé. Tous les autres sels présentent de même des modifications diverses quand on fait convenablement varier la nature du liquide et la température.

Circonstances analogues dans les minéraux. — Les cristaux naturels présentent des variations qui semblent indiquer des circonstances analogues à celles que nous venons de citer. En effet, les formes d'un même minéral sont différentes suivant la nature des substances qui l'accompagnent; et par conséquent avec lesquelles il a cristallisé, à tel point, que depuis longtemps les minéralogistes reconnaissent les localités de certains minéraux par les formes seules qu'ils présentent. C'est ainsi qu'ils distinguent le calcaire cristallisé du Harz de celui du Derbyshire, les cristaux de cette substance qui proviennent des montagnes calcaires de ceux des filons ou des différents gîtes métallifères, le minerai de fer cristallisé de l'île d'Elbe de celui de Framont dans les Vosges, l'aragonite des mines de fer de celle des argiles salifères, etc.

§ 48. **Changement de système.** — Le dimorphisme paraît tenir également aux circonstances dans lesquelles se fait la cristallisation. Ainsi le soufre dissous dans le carbure de soufre donne, par l'évaporation, des cristaux en octaèdre rhomboïdal droit; mais le soufre fondu cristallise, par refroidissement, dans le système prismatique oblique. Le cuivre précipité d'une solution saline sur une lame de fer offre des cristaux du système cubique, et le cuivre fondu cristallise dans le système rectangulaire. Le sel commun, qui dans l'eau cristallise en cube, m'a paru donner, par la fusion, des octaèdres rhomboïdaux; mais la masse se remplit bientôt de fissures parallèles aux faces du cube. Le carbonate de chaux paraît cristalliser en rhomboèdre dans l'eau froide, et en prisme rhomboïdal (cas de l'aragonite) dans les eaux chaudes. Des solutions saturées de certains sels peu cristallisables, dans lesquelles on en fait ensuite dissoudre un qui cristallise promptement, forcent ce dernier à prendre les formes qui conviennent à l'autre.

Il est à remarquer que, sous les formes extraordinaires qu'une

Digitized by Google

substance est ainsi susceptible d'admettre, l'arrangement ne se trouve pas à un état d'équilibre stable; ainsi les sels qu'on a forcés de cristalliser sous une forme qu'ils ne prennent pas ordinairement, tombent promptement en poussière; les matières fondues qui n'ont pas un très-haut degré de cohésion se remplissent bientôt de fissures, qui indiquent un changement intérieur de cristallisation, ce qu'on remarque dans le sel commun et le soufre fondus. L'aragonite ne résiste pas à la chaleur rouge, comme le spath d'Islande, car à peine est-elle chauffée, qu'elle se boursoufle et se désagrége. Il suffit souvent d'une faible élévation de température pour changer toute la structure intérieure d'un corps, sans même qu'aucune variation se manifeste au dehors, ce qu'on remarque, par exemple, en chauffant des cristaux de sulfate de zinc, etc. On ne s'aperçoit de ces changements que par des fissures régulières intérieures, ou par les variations des propriétés optiques.

§ 49. **Observations sur l'isomorphisme.** — L'isomorphisme a souvent aussi quelque chose qui tient aux circonstances extérieures : c'est ce qui a lieu dans les sels qui renferment de l'eau dans leur composition. La quantité de ce liquide varie en général suivant la température à laquelle la cristallisation se fait, et une quantité déterminée se combine pour un sel à une température fixe, et pour un autre à une température différente. Or il n'y a isomorphisme que pour des compositions identiques; par conséquent deux sels hydratés sont ou ne sont pas isomorphes, suivant qu'ils ont cristallisé ou non à la température qui convient à chacun d'eux. La présence d'un autre sel dans la solution facilite souvent la combinaison de l'eau dans des proportions déterminées : c'est ainsi que le sulfate de cuivre, lorsque la solution renferme du sulfate de fer, prend la forme de ce dernier, et par conséquent une quantité d'eau différente de celle qu'il contient ordinairement.

Cristaux groupés.

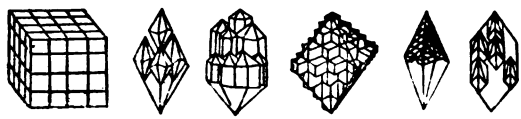
§ 50. **Groupes divers.** — Les cristaux sont quelquefois isolés, mais le plus souvent ils sont groupés entre eux de diverses manières, tantôt régulièrement, tantôt au hasard.

Les groupes sont réguliers toutes les fois que les cristaux se réunissent par leurs faces homologues : il en résulte des cristaux plus volumineux, tantôt de même forme que les petits cristaux composants, tantôt complétement différents. C'est ainsi que de petits cristaux cubiques, scalénoèdres, prismatiques pyramidés, etc., constituent de gros cristaux de même espèce, fig. 247 à 249, ou bien des

Digitized by Google

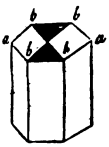
cristaux très-différents, fig. 250 à 252. La plupart des gros cristaux montrent clairement qu'ils sont ainsi formés; souvent une de leurs parties est parfaitement nette, tandis que l'autre présente l'échafaudage grossier qui les compose.

247. 248. 249. 250. 251. 252.



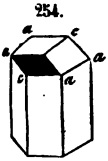
§ 51. **Groupe de prismes rhomboïdaux.** — Les prismes à bases rhombes sont très-sujets à se grouper, et produisent, dans quelques substances (aragonite, céruse), des cristaux composés très-remarquables.

253.



1° Deux prismes se réunissent par les arêtes latérales, fig. 253, et l'intervalle se remplit par des demi-prismes de la même espèce, d'où résulte un groupe hexagone qui a deux angles opposés *a* d'une espèce, et quatre angles *b* d'une autre.

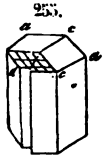
254.



2° Deux prismes s'accolent par les faces, fig. 254, et l'intervalle se remplit par un prisme dérivé du premier, d'où résulte un autre prisme hexagone qui a quatre angles *a* de l'espèce précédente, et deux angles *c* d'une autre espèce.

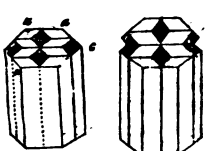
Quelquefois l'intervalle se remplit de petits cristaux de même espèce qui viennent se presser sur une ligne moyenne, et laissent entre eux un angle rentrant *d*, fig. 255; d'où résulte un prisme qui a deux angles de l'espèce *a*, et trois de l'espèce *c*.

255.



3° Il arrive souvent aussi que les prismes se réunissent d'une manière encore plus compliquée, comme fig. 256, où l'on voit deux des groupes fig. 254, et quatre cristaux en dehors qui laissent entre eux des intervalles remplis par des prismes dérivés. Le prisme résultant a quatre angles de l'espèce *a* et deux de l'espèce *c*. Quelquefois ce sont les groupes, fig. 255, qui se réunissent, et l'ensemble, fig. 257, présente deux angles rentrants.

256. 257.

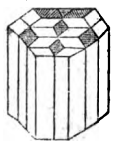


4° Autour du groupe précédent il se réunit souvent encore des

Digitized by Google

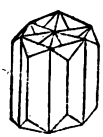
cristaux, soit d'un seul côté, fig. 258, soit des deux à la fois, fig. 259; dans l'un et l'autre cas l'ensemble prismatique offre des angles rentrants. Il se fait enfin des groupements tellement compliqués, qu'on ne peut plus les décrire.

258. 259.

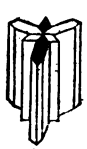
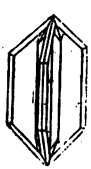


Dans ces divers cas les prismes réunis sont tantôt simples à leurs sommets, tantôt modifiés de diverses manières. Dans le premier cas, les groupes résultant ont des bases assez nettement terminées, quoique striées dans différents sens. Dans le second, les modifications des prismes élémentaires se dessinent en creux et en relief sur les bases du groupe, fig. 260.

260. 261.

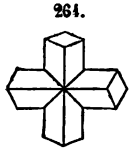


262. 263.

5° Les prismes élémentaires qui se réunissent sont quelquefois modifiés profondément sur les arêtes latérales; il en résulte la configuration fig. 261, si tous les prismes ont la même étendue, ou fig. 262, si trois d'entre eux restent très-petits. Lorsque les prismes sont modifiés à leurs sommets, il en résulte une sorte de carcasse de prisme pyramidé, fig. 263.

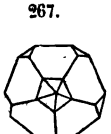
264. 265.



6° Les prismes rhomboïdaux se réunissent quelquefois aussi par les modifications de leurs sommets; c'est ainsi que dans la *staurolide*, fig. 264 ou 265, il s'en réunit quatre pour former une croix rectangulaire. Il en est de même dans les prismes carrés ou rectangulaires.

§ 52. **Groupes d'octaèdres.** — Les octaèdres, en se réunissant, produisent aussi des groupes de divers genres : par exemple, certains octaèdres, déformés par l'élargissement de quelques-unes de leurs faces, fig. 266, pourraient produire un groupe complet, fig. 267, présentant une double pyramide pentagonale, creusée au sommet, et avec des angles rentrants sur ses angles latéraux.

266. 267.



Cette pyramide n'est complète et régulière que dans le cas où les

Digitized by Google

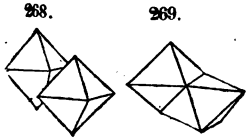
faces par lesquelles les octaèdres se groupent sont inclinées entre elles de 72° : pour des angles plus petits, jusqu'à 60°, il reste un vide qui se remplit irrégulièrement; pour des angles plus grands, il ne peut se réunir que quatre cristaux, qui laissent un vide entre eux tant qu'ils n'atteignent pas l'inclinaison de 90°.

Transposition, hémitropie.

§ 53. **Définition.** — Il y a des groupements qui se font entre deux cristaux avec des circonstances particulières; les choses se passent comme si un cristal unique avait été coupé en deux, et qu'une moitié eût fait un sixième de révolution, ou même une demi-révolution sur l'autre : c'est ce qu'on nomme *transposition* pour le premier cas, et *hémitropie* (moitié de révolution) pour le second. Ces sortes de groupements prennent fréquemment le nom de *macles*, qu'on donne souvent aussi aux groupes précédents.

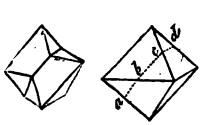
§ 54. **Groupe d'octaèdres.** — Lorsqu'on réunit deux octaèdres réguliers comme fig. 268, les faces de l'un étant parallèles à celles de l'autre, les sommets débordent en saillie. On a plus de régularité en les réunissant de manière que les arêtes de même espèce coïncident entre elles, fig. 269, et seulement alors les faces ne sont plus parallèles. Or, dans ce cas, l'un des solides a tourné sur l'autre de 60°, ou un sixième de circonférence, et il y a transposition.

268. 269.



C'est ce dernier mode de groupement qui est adopté par la nature; mais il arrive que les solides ne conservent pas les proportions régulières de leurs faces, et que le plan de jonction s'élargit considérablement*. Le groupe se présente alors comme fig. 271, et les choses se passent comme si le cristal fig. 272 avait été coupé, entre deux faces opposées, par un plan parallèle, *a b c d*, et qu'une moitié eût tourné sur l'autre.

271. 272.

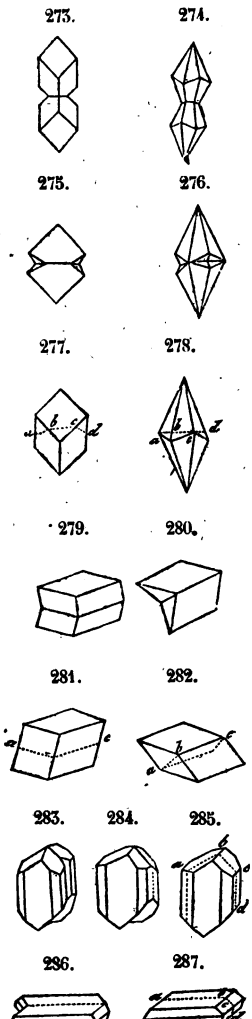


---

* Cette extension tient à l'accroissement qui se fait après la première réunion des deux petits solides. Par exemple, si deux petits cristaux *a* et *b*, fig. 270, se réunissent par le sommet, ils ne se toucheront que par un point; mais, si le groupe s'accroît ensuite par des couches qui l'enveloppent de toutes parts, le plan de jonction s'étendra successivement, et l'ensemble prendra une figure où l'on ne reconnaîtra bientôt plus les formes composantes.

270.

Digitized by Google



§ 55. **Groupes de rhomboèdres et de scalénoèdres.** — Dans tous les systèmes de cristallisation, on trouve diverses sortes de groupements analogues, mais les rhomboèdres, les scalénoèdres, etc., en offrent de particuliers. Ils se réunissent souvent deux à deux par des plans perpendiculaires à l'axe, fig. 273, 274; et, les plans de jonction étant très-étendus, les groupes se présentent comme fig. 275, 276. Les choses se passent alors comme si les solides complets, fig. 277, 278, avaient été coupés par un plan *abcd*, perpendiculaire à l'axe, et qu'une des parties eût tourné d'un sixième de circonférence sur l'autre.

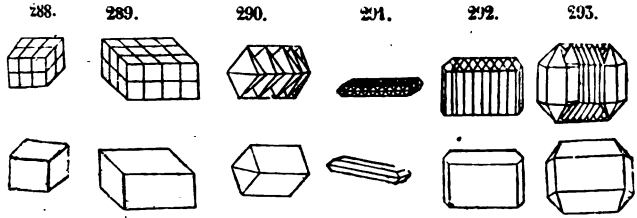
Lorsque les réunions se font par des plans obliques ou parallèles à l'axe, il y a demi-révolution. Ainsi, les prismes obliques, les rhomboèdres, réunis par leurs faces, ou par des faces produites sur les arêtes, donnent des groupes fig. 279, 280, où, par suite de l'extension du plan de jonction, les choses se passent comme si les solides, fig. 281 et 282, avaient été coupés par les plans *abc*, et qu'une moitié eût fait une demi-révolution sur l'autre.

§ 56. **Groupes de prismes.** — Les prismes divers se groupent souvent aussi en sens inverse, par exemple, fig. 283; mais, par suite de l'extension du plan de jonction, le groupe se présente comme fig. 284, et les choses se passent comme si un cristal, fig. 285, avait éte coupé par un plan *abcd*, et qu'une moitié eût fait une demi-révolution sur l'autre. C'est la même chose dans le groupe fig. 286, qui provient du solide fig. 287.

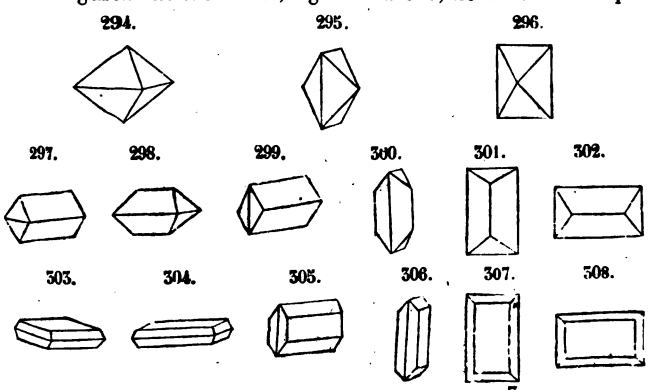
Digitized by Google

Cristaux déformés et oblitérés.

§ 57. **Cristaux élargis ou allongés.** — Il arrive souvent que les groupements de petits cristaux s'étendent plus d'un côté que d'un autre, et dès lors le cristal résultant prend aussi plus d'extension par certaines faces que par d'autres. C'est ainsi que des cubes peuvent se grouper de manière que le solide prenne l'apparence d'un prisme carré ou rectangulaire, fig. 288 ou 289; que des octaèdres, simples ou basés, s'allongent dans un sens ou dans l'autre. fig. 290 et 291; que des prismes, simples ou pyramidés, se présentent comme des plaques, fig. 292 ou 293, simples ou modifiées. Des cristaux prismatiques s'allongent de même en se plaçant les uns au bout des autres, de manière à prendre la forme capillaire, etc.



C'est toujours par des groupements que les cristaux s'allongent ou s'élargissent, comme par exemple les octaèdres, fig. 294 à 296, qui se modifient comme fig. 297 et 298, 299 et 300, 301 et 302. Les configurations tabulaires, fig. 303 à 308, ne sont encore que



Digitized by Google

ces mêmes cristaux élargis ou allongés, qui se trouvent modifiés alors sur les arêtes et sur les angles, comme quand ils sont régulièrement proportionnés. Ces variations des mêmes formes, ainsi que les cristaux tabulaires qui s'y rattachent, se trouvent principalement dans les systèmes prismatiques, et surtout dans les divers octaèdres qui en dérivent.

§ 58. **Cristaux à faces creuses.** — Un autre genre de difformité des cristaux consiste en ce que les arêtes seules sont nettement constituées, fig. 309, et que les faces sont irrégulières, souvent même creusées jusqu'au centre du solide. Cet effet se produit souvent dans nos laboratoires, lorsque des solutions très-concentrées cristallisent avec rapidité. On l'obtient constamment aussi en faisant cristalliser une solution concentrée dans une matière pulvérulente un peu lourde. C'est probablement de cette dernière manière que la chose a lieu dans la nature; car tous les cristaux qui offrent cette particularité se trouvent au milieu des sables et des argiles, où ils se sont évidemment formés.

309.

§ 59. **Macle de Bretagne.** — Si la cristallisation d'un sel se fait, dans nos laboratoires, au milieu d'une matière légère, celle-ci se trouve enveloppée dans le cristal et se place géométriquement dans des directions qui dépendent de la forme du polyèdre. C'est ce qu'on voit aussi dans plusieurs substances naturelles qui se trouvent empâtées dans certains dépôts, et dont une des plus remarquables, qu'on nomme *macle*, fig. 310, a été trouvée d'abord en Bretagne, au milieu des schistes micacés. La matière noire de ces schistes s'est alors placée régulièrement au centre du cristal, comme aussi vers les angles, et suivant les diagonales. Beaucoup d'autres matières sont dans le même cas, telles que le *grenat*, l'*amphigène*, la *trémolite*, le *diamant*, etc.

310.

§ 60. **Cristaux arrondis.** — Il arrive souvent aussi que les cristaux sont oblitérés, que leurs faces, leurs arêtes, leurs angles, s'arrondissent et n'offrent plus cette régularité sous laquelle nous les avons jusqu'à présent étudiés. Les prismes hexagones ou octogones, dodécagones, présentent des configurations *cylindroïdes*, fig. 311, chargées, sur la longueur, de stries, parmi lesquelles on remarque çà et là quelques plans unis qui semblent indiquer que c'est à la mutiplicité des facettes qu'on doit ce résultat. Les bases sont alors sensiblement circulaires.

311.

Dans les dodécaèdres rhomboïdaux, les trapézoèdres, etc., les

Digitized by Google

312. 313 314.

faces se bombent quelquefois, les arêtes deviennent curvilignes, et il en résulte des formes *sphéroïdales*, fig 312 à 314, dont le grenat et surtout le diamant nous présentent de fréquents exemples.

Les rhomboèdres obtus, les divers octaèdres aplatis, et en général les solides surbaissés, prennent en se déformant des configurations *lenticulaires;* les scalénoèdres, les dodécaèdres bipyramidaux, les octaèdres aigus, diversement modifiés, prennent des configurations *séminiformes, doliformes*, etc., 315 à 317. Il existe une multitude de ces formes arrondies, dont le calcaire surtout nous offre de nombreux exemples.

315. 316. 317.

§ 61. Les oblitérations paraissent assez souvent dues à la multiplicité des facettes sur les angles solides ou sur les arêtes; mais il paraît aussi y avoir d'autres causes. Dans nos laboratoires, il faut, pour obtenir des cristaux réguliers, que la solution soit concentrée à point et que la liqueur n'éprouve aucun trouble de la part des agents extérieurs; autrement tous les cristaux s'accumulent les uns sur les autres, et il en résulte soit une masse irrégulière, soit des cristaux élargis dans un sens ou dans l'autre. Pour que les cristaux déjà formés continuent à s'accroître régulièrement, il faut que l'évaporation se continue avec une rapidité convenable; si le degré de concentration reste stationnaire, et, plus encore, si la liqueur attire l'eau d'une atmosphère humide, les cristaux formés sont attaqués; ils s'arrondissent alors sur les arêtes et sur les angles et deviennent rugueux à la surface.

CONFIGURATIONS ACCIDENTELLES.

§ 62. **Trémies.** — Nous arrivons maintenant à des formes où la tendance des molécules matérielles à se réunir géométriquement est plus ou moins interrompue par des causes extérieures. La matière s'agrége alors sous des configurations irrégulières, qu'on peut regarder comme purement accidentelles relativement à celles dont nous venons de nous occuper.

318.

Parmi ces formes, nous devons compter les *trémies*, fig. 318, qui tiennent encore à la cristallisation, en ce qu'elles sont composées de cristaux, mais dont

Digitized by Google

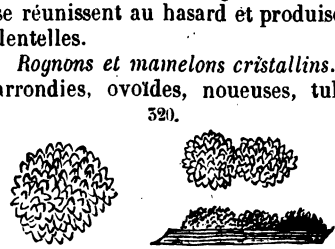
les circonstances étrangères règlent le groupement. Les trémies sont des pyramides creuses, composées de diverses zones de cristaux qui vont successivement en diminuant de la base au sommet. Elles se forment principalement à la surface des chaudières d'évaporation, dans les ateliers où l'on prépare les sels en grand. On voit d'abord apparaître à la surface du liquide un petit cristal *a*, qui s'enfonce plus ou moins suivant son poids spécifique relativement à celui du liquide. La partie de ce cristal qui reste à la surface devient un centre autour duquel s'accumulent d'autres petits cristaux, qui s'arrangent en forme de cadres sur les bords du premier. La masse s'enfonce alors davantage, et il se forme un nouveau cadre, puis un troisième, un quatrième, etc. Enfin il en résulte la pyramide creuse dont nous parlons et dont l'angle dépend de la densité du liquide où elle s'est formée. C'est de la même manière que se forment certains cornets calcaires, fig. 319, à la surface des eaux chargées de carbonate de chaux, qui séjournent dans les cavités souterraines très-aérées.

319.

§ 63. **Forme par groupement.** — Si les cristaux se groupent souvent d'une manière régulière, il arrive fréquemment aussi qu'ils se réunissent au hasard et produisent diverses configurations accidentelles.

Rognons et mamelons cristallins. — On nomme ainsi des masses arrondies, ovoïdes, noueuses, tuberculeuses, etc., hérissées de pointes cristalines, fig 320, et qui sont composées de cristaux réunis vers un centre commun, déformés par leur pression mutuelle, et donnant lieu à une structure radiée. Quelquefois le groupement se fait à la surface des autres corps, et produit alors ce qu'on nomme la *configuration mamelonnée cristalline*. Ces mamelons présentent quelquefois des formes lenticulaires, ce qui a lieu surtout dans le groupement de certains cristaux tabulaires (sulfate de baryte, prehnite, etc.).

320.



Les groupements en boules isolées ont probablement pour cause la résistance des milieux dans lesquels la matière cristallise. En effet, lorsque nous imbibons une matière terreuse assez légère d'une solution saline concentrée, il s'y forme soit des cristaux isolés, soit des groupes sphéroïdaux de cristaux. Les groupes naturels paraissent être formés de même, car on les trouve toujours isolés dans des matières terreuses.

Digitized by Google

Dendrites. — On nomme dendrites des groupements irréguliers où les cristaux sont réunis en ramifications qui représentent plus ou moins celles des plantes. Il en est qui sont saillantes de toutes parts, fig. 321; d'autres où les cristaux, étendus à la surface des autres corps, se dessinent légèrement en relief, comme la glace à la surface des vitres pendant l'hiver. Quelquefois ces cristaux sont allongés, déformés, creusés sur leurs faces, et la réunion forme alors ce qu'on nomme les configurations *spiculaires*.

321.

C'est sans doute aussi par une cristallisation irrégulière, très-fine, que se forment certains dessins dendritiques ou *herborisations*, ordinairement noirs ou jaunâtres, sans épaisseur sensible, qu'on trouve entre les feuillets des matières schisteuses, ou dans des fissures étroites des matières compactes. Quelquefois ces dendrites pénètrent dans tout l'intérieur de la masse d'un corps, et c'est alors qu'on les a désignées sous le nom de *dendrites profondes*, en donnant aux autres, par opposition, le nom de *dendrites superficielles*.

Configurations coralloïdes. — Les dispositions qu'on nomme ainsi ne sont encore que des dendrites d'une nouvelle espèce; elles sont produites par la réunion de petits cristaux que leur pression mutuelle a rendus capillaires, qui se disposent obliquement entre eux comme autour d'un axe, et dont il résulte des espèces de rameaux arrondis, entrelacés de toutes les manières, qu'on peut comparer aux branches du corail, tant par leur forme que par la manière dont ils s'anastomosent. Ces dispositions, fig. 322, se forment ordinairement sur les parois latérales ou sur le sol même des cavités souterraines.

322.

Les configurations dendritiques se manifestent le plus souvent, dans nos laboratoires, par la fusion et la volatilisation. Dans les solutions aqueuses peu concentrées, et dont une atmosphère humide retarde l'évaporation, ou même apporte constamment de nouvelle eau, il arrive aussi que les sels grimpent sur les parois des vases par un effet d'action capillaire; ils y forment alors des végétations cristallines, qui se ramifient de diverses manières, surtout lorsque la substance, parvenue au haut du vase, commence à se porter au dehors. Les cristaux sont alors plus ou moins déformés, et leurs groupements se rapprochent surtout des configurations coralloïdes.

Digitized by Google

§ 64. **Résultats du mouvement des eaux.** — Le mouvement imprimé au liquide au moment de la consolidation des matières qu'il tient en solution détruit complétement la cristallisation, et produit des formes qui en sont indépendantes : c'est ce qui a lieu dans les *stalactites* et dans les *pisolites*.

Stalactites. — La stalactite est une masse configurée en cône plus ou moins allongé, tantôt pleine, tantôt creuse à l'intérieur, et dont la surface est lisse, onduleuse ou tuberculeuse. Elle se forme de haut en bas, à la paroi supérieure des cavités souterraines, par le suintement des eaux chargées de matières en solution. Les premières gouttelettes, *a*, qui arrivent à la voûte de la cavité, fig. 323, laissent, en s'évaporant, un petit anneau de matière solide, qui s'accroît par les gouttelettes suivantes, et forme bientôt un tube mince. Les parois de ce tube se couvrent de nouvelles matières à mesure que le liquide passe sur elles; mais l'intérieur, dont l'espace est limité, se remplit promptement, et l'extérieur seul prend de l'accroissement. Il en prend davantage à la partie supérieure, où le liquide commence toujours par déposer avant d'arriver plus bas, et de là la forme conique de la masse après quelque temps.

323.

Les gouttes qui tombent de la stalactite sur le sol, n'étant pas entièrement privées de particules matérielles, forment encore d'autres dépôts nommés *stalagmites*, qui s'accroissent surtout sous la verticale ; il en résulte des protubérances qui finissent souvent par se joindre aux stalactites, et par produire des colonnes qui semblent faites exprès pour soutenir la voûte de la cavité.

Les suintements sur les parois latérales donnent aussi lieu à des dépôts saillants, isolés, en forme de draperies ondulées, festonnées et plissées de toutes les manières, qu'on désigne sous le nom de configurations *panniformes*.

Ces différents effets se manifestent surtout en grand dans les cavernes ou grottes des montagnes calcaires qui attirent partout l'attention des curieux.

Pisolites. — Les pisolites sont des globules, formés de couches concentriques minces, fig. 324, qui sont produits par des eaux chargées de matières en solution, et douées d'un mouvement capable de soulever continuellement les grains de sable déposés sur leur passage. Chacun de ces grains se recouvre alors de pellicules successives de la matière dissoute, et s'accroît en prenant la forme sphéroïdale,

324.

Digitized by Google

jusqu'à ce que, devenu trop lourd pour être mis en mouvement, il tombe au fond du liquide, où plus tard il est aggluliné avec ceux qui l'ont précédé. Ce phénomène se présente habituellement aux eaux de Vichy en Auvergne, de Karlsbad en Bohême, de Saint-Philippe en Toscane, etc. Fréquemment, chaque pisolite a pour centre un grain de matière étrangère; mais ce n'est pas une condition essentielle, car ce grain initial peut être une particule même de la substance qui se dépose.

Cailloux roulés. — Les eaux en mouvement produisent aussi sur les matières qu'elles arrachent aux montagnes, et qu'elles charrient plus ou moins loin, un grenaillement qui les arrondit; de là l'origine des cailloux roulés, sous la forme desquels un grand nombre de substances se présentent : circonstance qu'il ne faut confondre ni avec la formation des pisolites ni avec celle des cristaux arrondis dont nous avons parlé § 60, 61.

§ 65. **Résistance des milieux.** *Bombes volcaniques.* — La résistance des milieux dans lesquels les matières se consolident conduit aussi à des formes arrondies, noueuses, tuberculeuses, etc., quelquefois capillaires. C'est ainsi que les matières volcaniques, en coulant sur la pente des montagnes, y forment des espèces de stalactites et des scories torses; que les portions de matières fondues lancées dans les airs y prennent des formes arrondies, qu'on a nommées *bombes volcaniques*, et que parfois, lorsqu'elles sont à l'état de fusion complète, elles s'y divisent en une multitude de filaments capillaires (verre capillaire de l'île Bourbon).

Rognons. — Les substances qui se consolident au milieu des matières molles doivent aussi à la résistance de celle-ci des configurations réniformes, qui sont lisses à la surface lorsque la matière ne cristallise pas, et hérissées de cristaux lorsqu'elle possède cette propriété. Le premier cas se fait remarquer, par exemple, dans les *silex de la craie;* le second se montre dans beaucoup de matières diverses, comme dans les groupements en boule que nous avons cités § 63.

Géodes. — Quelquefois les rognons de silex, comme aussi de plusieurs autres matières, sont creux à l'intérieur, et on leur donne le nom de *géodes*. La cavité est assez souvent tapissée de cristaux ou de stalactites, ou remplie de matière pulvérulente; celle-ci, en se desséchant, subit fréquemment un retrait qui la sépare des parois de la cavité, où des lors elle peut remuer. C'est ce qu'on a remarqué surtout dans certains minerais de fer, dont les rognons ont été nommés *pierres d'aigle*.

§ 66. **Filets capillaires.** — Si les cristaux, en s'allongeant, peu-

Digitized by Google

vent devenir capillaires, il existe aussi des filaments irréguliers qui se forment accidentellement. D'abord on trouve des filets métalliques dans les cellules de certaines scories de nos usines, dont on peut expliquer facilement l'origine. Ces scories, de nature vitreuse, se consolident plus vite que les globules métalliques liquides qu'elles renferment. Diminuant alors de volume, la matière presse fortement sur le métal qui s'échappe dans les cellules vides voisines, à travers les pores qui sont formés, et par lesquels il est configuré en filaments. C'est probablement ainsi que se sont formés les filaments d'argent, de cuivre, de sulfure d'argent, etc., qu'on trouve dans le sein de la terre.

Il se fait aussi quelque chose d'analogue par la voie humide. Si une solution saline se trouve enfermée dans un vase poreux, il se forme à la surface extérieure une multitude de filets déliés du sel; dans ce cas, on conçoit qu'il arrive par chacun des pores une gouttelette liquide qui dépose une particule saline en s'évaporant; une autre gouttelette dépose une nouvelle particule sous la première, qui est alors poussée en avant, etc., et de cette manière il se forme bientôt un filet de plus en plus long. On reconnaît que c'est par la partie inférieure que ce filet s'accroît, en colorant son extrémité au moment où il commence à paraître. Le sel marin, la pierre à plâtre, la pierre calcaire, etc., nous offrent des filets droits ou contournés, évidemment produits de cette manière.

§ 67. **Formes par agglutination.** — Lorsqu'un liquide chargé de matière en solution vient à passer ou à séjourner dans des dépôts de matières meubles, il en agglutine souvent une partie plus ou moins considérable, sous des configurations stalactitiques, réniformes, ou même sous les formes cristallines propres à la substance dissoute. Le plus bel exemple de cette circonstance est celui que nous offrent les sables qui font partie des grès de Fontainebleau, et aussi des environs d'Apt en Provence. Des eaux chargées de carbonate de chaux, en s'infiltrant dans ces sables, les agglutinent de diverses manières, et fréquemment sous la forme de rhomboèdres aigus, fig. 325, isolés ou groupés. Ce qui prouve que c'est bien à cette substance que la configuration est due, c'est qu'en dissolvant le calcaire par l'acide azotique le sable reprend la forme pulvérulente. Beaucoup d'autres matières, telles que des argiles ferrugineuses, des oxydes de fer, certaines matières vertes nommées *chlorites*, ont de même été fréquemment entraînées par la cristallisation de diverses substances qui se sont formées au milieu d'elles; mais, le plus souvent alors, c'est la matière

325.

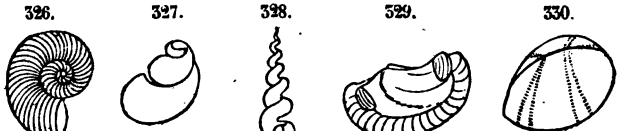
Digitized by Google

cristalline qui domine, tandis que dans l'exemple précédent la matière calcaire ne va quelquefois pas à 20 pour 100.

§ 68. **Formes par incrustation.** — Les eaux chargées de matières en solution déposent souvent sur les plantes, les animaux, les pierres, qui se trouvent sur leur passage, une couche solide plus ou moins épaisse, qui en conserve grossièrement la forme extérieure; c'est ce qui a lieu fréquemment par les eaux qui sourdent des montagnes calcaires, et qui sont chargées de carbonate de chaux. Plusieurs sources, en France et ailleurs, se trouvant à la portée des routes, sont particulièrement renommées pour ces effets, et les paysans ont soin d'y placer des nids d'oiseaux, de petits paniers de fruits, etc., qui s'incrustent très-promptement, et qu'ils vendent aux curieux sous le nom fort impropre de pétrification. On profite mieux de ces eaux en les faisant jaillir sur des moules exécutés avec soin, où le dépôt se configure en jolis bas-reliefs. C'est ce qui a été fait jadis à Saint-Philippe, en Toscane, où les eaux déposent un calcaire pur et blanc, et, dans ces derniers temps, à Saint-Nectaire et Saint-Alyre, près de Clermont-Ferrand.

On trouve fréquemment aussi des incrustations purement cristallines. Ce sont de petits cristaux symétriquement arrangés à la surface d'autres corps cristallisés, qu'ils recouvrent en totalité. Souvent les substances qui ont servi de support se trouvent accidentellement enlevées, et il ne reste que des carcasses creuses formées par la matière qui les a incrustées.

§ 69. **Formes par moulage.** — Dans un grand nombre de cas, les formes que présentent les matières brutes sont le résultat d'un moulage dans des cavités préexistantes. Ici, ce sont des cavités produites par la destruction de certains cristaux, et remplies après coup de matières étrangères, qui offrent alors la configuration régulière d'autres minéraux. Là, ce sont des cellules arrondies, remplies en tout ou en partie d'une matière ou d'une autre, qui présentent encore les configurations réniformes, amygdaloïdes, etc.; ailleurs, ce sont les cavités des corps organisés, enfouis dans le sein de la terre, tels que diverses espèces de coquilles, fig. 326 à 329, des échinides, fig. 330, etc.



Digitized by Google

§ 70. **Épigénie.** — Il y a aussi des formes qui résultent de la substitution d'une substance à une autre par une opération chimique, et qu'on nomme plus particulièrement *épigénies*. Or certains faits que présentent les usages ordinaires, et d'autres que nous pouvons produire dans nos laboratoires, conduisent à concevoir ceux que nous offre la nature, quoique ici le principe réel nous soit souvent caché. Par exemple, les pièces d'argent qui ont séjourné longtemps dans les fosses d'aisance sont converties en sulfure d'argent sans avoir perdu leur forme; un cristal de carbonate ou d'acétate de plomb, exposé pendant un temps suffisant dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré, se trouve converti en sulfure de plomb, qui conserve la forme première; un cristal de sulfate de potasse, placé dans de la craie entretenue à un état légèrement humide, se convertit en sulfate de chaux, etc.

Il se fait des choses analogues dans la nature : des cristaux de carbonate, de sulfate, de phosphate de plomb, sont convertis en sulfure sans perdre leur forme; des cristaux d'oxyde de cuivre sont convertis en carbonate vert; des cristaux de sulfure de fer en peroxyde hydraté; des cristaux de carbonate et de sulfate de chaux en silice, etc.; par conséquent, un grand nombre de substances offrent ainsi des formes qui ne leur appartiennent pas.

Véritables pétrifications. — C'est sans doute aussi par des substitutions analogues que le test des coquilles et des madrépores, qui sont de nature calcaire, certains animaux mous, les bois de diverses espèces, ont été convertis en silice dans le sein de la terre. La matière présente alors non-seulement la forme du corps, mais aussi tout son tissu intérieur, jusque dans ses parties les plus délicates; en sorte que les bois, par exemple, ont conservé toute la structure ligneuse, et, à la simple vue, pourraient être pris pour des bois à l'état naturel. C'est là ce qui distingue la véritable pétrification des matières incrustées ou moulées, auxquelles on donne improprement ce nom, § 68 et 69.

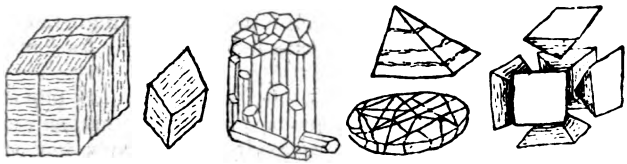
§ 71. **Formes par retrait.** — On sait que les matières pâteuses se gercent et se fendent dans toutes les directions en se desséchant : c'est l'effet du retrait à mesure que l'eau s'échappe. Un grand nombre de matières exposées au feu présentent le même résultat, et les matières fondues, peu conductrices de la chaleur, produisent le même effet en se refroidissant.

On trouve beaucoup d'exemples de semblables phénomènes parmi les matières naturelles, qui se sont divisées, quelquefois sur une grande échelle (voy. les basaltes dans la *Géologie*), en parties polyédriques de diverses formes. Il y a des espèces de parallélipi-

Digitized by Google

pèdes droits ou obliques, fig. 331, 332; des prismes triangulaires, pentagones, hexagones, etc., fig. 333; des pyramides triangulaires, quadrangulaires, etc., fig. 334. qui quelquefois se réunissent vers un centre d'où le retrait semble avoir eu lieu, fig. 335.

331. 332. 333. 334. 335.



336.

Ce sont ces retraits, opérés dans des espèces de rognons terreux, qui ont produit ce qu'on nomme *ludus Helmontii*, fig. 336. Les vides occasionnés par les fentes se trouvent alors remplis par une matière étrangère plus ou moins dure, qui fait souvent saillie par suite de la destruction ou de l'usure de la matière fondamentale. Ailleurs, la matière première a été enlevée, et celle qui s'était déposée dans les fentes reste seule, en présentant alors une masse cellulaire comme un gâteau d'abeilles.

STRUCTURE DES CORPS BRUTS.

§ 72. De même qu'il y a deux sortes de formes, il existe deux sortes de structures : une *structure régulière polyédrique*, une *structure irrégulière* ou *accidentelle*.

§ 73. **Clivage**. — La structure régulière se manifeste lorsqu'on vient à briser certains cristaux : chaque fragment présente alors un petit polyèdre, et la poussière même de ces corps, considérée au microscope, est un assemblage de petits solides régulièrement terminés. C'est ainsi que le sel commun, le minerai de plomb, se brisent en petits cubes; que le fluor, le diamant, se brisent en octaèdres; que le sulfate de baryte, la topaze, se brisent en prismes rhomboïdaux; que la pierre calcaire cristallisée, le rubis et le saphir se brisent en rhomboèdres, etc.; ces divisions naturelles des corps sont généralement désignées seus le nom de *clivage* (de l'allemand *klôben*, fendre *du bois*).

Tous les corps bruts cristallisés n'ont cependant pas cette propriété; il en est beaucoup qui ne se brisent jamais qu'en fragments irréguliers, comme le cristal de roche, le grenat, l'émeraude, etc. Dans d'autres, il n'y a que deux directions de clivage, souvent

Digitized by Google

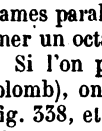
même une seule, et par conséquent point de solide déterminé. Souvent aussi les clivages ne se manifestent que par des miroitements qu'on aperçoit à l'intérieur du cristal.

L'observation des clivages est souvent très-utile pour distinguer les différents corps. C'est ainsi que le diamant, si caractérisé d'ailleurs, ne se confondrait pas avec le sel commun, quoique cristallisant dans le même système. A plus forte raison distinguera-t-on les substances de systèmes différents, lors même que les formes extérieures seront masquées ou détruites.

Le clivage détermine souvent des divisions en plaques plus ou moins épaisses, et l'on dit alors que la substance est *laminaire* ou même *feuilletée*. Il ne faut pas confondre ces divisions avec les stuctures analogues produites par agrégation, § 79.

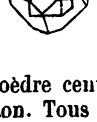
§ 74. **Noyau central des cristaux.** — Nous ne devons pas négliger d'indiquer aussi un mode particulier de clivage, qui a conduit Haüy à l'idée d'un noyau central, dans les différents cristaux qu'un même corps peut présenter. Si l'on a, par exemple, un cristal cubique de fluorine, on trouve qu'il peut se cliver sur chacun des huit angles solides, d'où, avec un couteau, on peut enlever une petite pyramide, à la place de laquelle apparaît une face triangulaire, fig. 337. On peut ensuite successivement enlever des lames parallèles à chacun de ces petits plans, et l'on arrive à former un octaèdre qui se trouve comme placé au centre du cristal.

337.

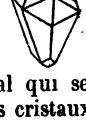


Si l'on prend, au contraire, un octaèdre de galène (minerai de plomb), on remarque qu'il se clive sur les six angles solides, fig. 338, et qu'on peut également enlever des lames successives à chaque angle, ce qui conduit bientôt à un cube, qui, placé au centre du cristal, semble avoir servi de point de départ. De même les scalénoèdres de carbonate de chaux (pierre calcaire) présentent trois clivages à leur sommet, fig. 339, et, en enlevant des lames suivant ces trois directions, on arrive à un rhomboèdre central qui semble avoir servi de base à la cristallisation. Tous les cristaux clivables présentent des phénomènes analogues

338.



339.



D'après ces observations, Haüy a été conduit à concevoir dans chaque substance une *forme primitive*, ou *noyau*, et à expliquer l'existence de toutes les autres, qu'il a nommées *secondaires*, par des lames décroissantes diverses appliquées sur la première, précisément comme les lames qu'on peut enlever successivement.

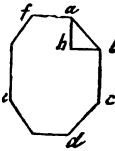
Digitized by Google

§ 75. — ***Détermination des formes primitives.*** — On sent maintenant que le choix de la forme type, ou primitive, qui doit représenter toute la cristallisation d'une substance, § 45, n'est pas indifférent. Il est naturel de prendre le solide de clivage dans les substances qui possèdent cette propriété; mais dans les corps qui ne se clivent pas, il faut généralement choisir la forme qui domine dans les cristaux qu'on en connaît. Ainsi, on prendra l'octaèdre régulier pour l'alun, parce que c'est la forme généralement empreinte dans la cristallisation; tandis que, par la même raison, on prendra le dodécaèdre-rhomboïdal pour le grenat, etc.

Dimensions relatives de la forme. — La forme primitive choisie, il faut en déterminer l'espèce, si elle n'appartient pas aux solides réguliers. Cela se fait en changeant en rapports de lignes les rapports angulaires qu'on trouve par la mesure de l'inclinaison des plans de modifications sur les faces de la forme adoptée.

Par exemple, dans l'idocrase qui appartient au prisme carré, on trouve sur les arêtes supérieures, différents plans de modifications déterminés par les angles de 136° 6', de 142° 48', de 124° 30', etc., qu'ils font avec la base. Soit donc, *abcdef*, fig. 340, la coupe du prisme carré modifié sur les arêtes supérieures; *a b* sera un des plans modifiants dont nous venons de donner les inclinaisons sur la base *af*. Menons la verticale *ah* et l'horizontale *bh*, nous ferons un triangle dont l'angle en *a* aura pour mesure l'inclinaison donnée moins 90°. Pour le premier cas, l'angle *bah* vaut 76° 6', et dès lors *abh* 13° 54'. Or, les sinus des angles étant comme les côtés opposés, on a sinus *bah* (76° 6') : sinus *abh* (13° 54') : : *bh* : *ah*.

340



Si l'on cherche les logarithmes de ces sinus, qu'on trouve de 9,987092 et 9,380624, puis les nombres correspondants qui sont 9707 et 2402, on aura le rapport numérique *bh* : *ah* : : 9707 : 2402, ou à peu près : : 12 : 3.

La seconde inclinaison donnée, diminuée de 90°, fournit pour *bah* 52° 48', et pour *abh* 37° 12'; d'où l'on tire *bh* : *ah* : : 7966 : 6046 : : 4 : 3.

La troisième inclinaison donne *bh* : *ah* : : 5664 : 8241 : : 4 : 6.

Les plans de modification sont fixés par ces rapports de lignes tout aussi bien que par les angles, et d'une manière qui se prête mieux à la comparaison.

On voit que les longueurs *bh* et *ah*, qui sont 12 et 3, 4 et 3, 4 et 6, sont liées entre elles numériquement, et que, si on prend un des rapports pour point de départ, 4 à 3, par exemple, les autres se simplifieront. On peut regarder 4 à 3 comme le rapport de la base à la hauteur de la molécule prismatique, et dire alors que le plan incliné sur la base de 142° 46', est déterminé par 1 molécule en largeur et 1 molécule en hauteur; que celui qui fait avec la base 136° 6' est déterminé par 3 molécules en largeur et 1 molécule en hauteur, et enfin que le plan incliné de 124° 30' est déterminé par 1 molécule en largeur et 2 en hauteur.

Le rapport 4 à 3 entre la base et la hauteur de la molécule caractérise donc le prisme carré de l'idocrase.

Dans l'oxyde d'étain, qui est du même système, les faces analogues présentent des angles de 150° 34', de 136° 30', de 97° 40'; or, en calculant comme précédemment, on trouve :

$$\begin{aligned} bh : ah &: : 9430 : 3327 : : 11 + 45 : 4 + 41 \\ bh : ah &: : 7205 : 6885 : : \quad 43 : \quad 41 \\ bh : ah &: : 1334 : 9910 : : \quad 43 : 8 + 41 \end{aligned}$$

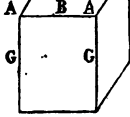
Le prisme de l'oxyde d'étain serait donc caractérisé, et distingué de celui de l'idocrase, par le rapport 43 à 41, de la base à la hauteur.

Nous nous bornerons à ces observations, qui doivent faire voir comment on peut s'y prendre pour déterminer les dimensions des autres formes.

Digitized by Google

§ 76. *Signes des formes secondaires.* — Pour compléter l'idée de la cristallisation d'une substance, il ne faut plus qu'indiquer les lois suivant lesquelles se placent les différents plans de modification, et d'où résultent toutes les formes secondaires. Pour cela, il suffit de donner les rapports des lignes par lesquelles on peut fixer ces plans : par exemple, ayant établi pour l'idocrase un prisme carré dont la base est à la hauteur dans le rapport de 4 à 3, on ajoutera que pour l'un des plans de modification les lignes de position sont de 1 hauteur de molécule et 1 largeur; pour une autre, 1 hauteur et 3 largeurs; pour une troisième, 2 hauteurs et 1 largeur, etc.

341.



Pour s'exprimer plus facilement, on désigne chaque espèce de partie de la forme primitive par une lettre particulière, comme fig. 341. et on place le rapport en exposant au-dessus de la lettre. Ainsi dans le cas présent, nous indiquerons les différents plans qui se produisent sur les arêtes B par les signes $B^{\frac{1}{2}}$, $B^{\frac{1}{3}}$, $B^{\frac{2}{1}}$, etc., en convenant que le numérateur exprime toujours la hauteur. On peut même supprimer le dénominateur quand il est l'unité, et écrire plus simplement $B^{\frac{1}{3}}$, B^{1}, B^{2}, etc. On indiquerait d'une manière analogue les modifications sur les autres parties.

Pour l'oxyde d'étain, dans lequel la base est à la hauteur dans le rapport de 43 à 41, on aurait pour expression des différentes lois de modifications sur les arêtes des bases les signes $B^{\frac{1}{41}}$, B^{1}, B^{8}, etc.

En comparant ces deux séries de signes, on voit facilement que les lois qui régissent les modifications d'une des substances ne sont pas celles qui régissent les modifications de l'autre.

On conçoit qu'après avoir ainsi établi les lois des modifications qu'on connaît dans une substance, on peut théoriquement imaginer tous les intermédiaires, et calculer d'avance les inclinaisons des faces qu'il est possible de rencontrer.

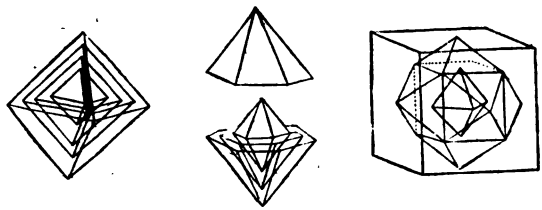
§ 77. **Structure par groupement régulier.** — Outre le clivage régulier, on observe quelquefois encore dans les gros cristaux une autre sorte de structure, qui tient à la manière dont s'agrégent les petits cristaux qui les composent si souvent. C'est ainsi que, dans les groupements que nous avons indiqués, § 50, il peut exister d'un côté le clivage dans chacun des cristaux composants, de l'autre une structure particulière qui résulte et de leurs formes et de leur mode d'agrégation. Cette dernière structure, souvent invisible à l'œil, se manifeste dans les phénomènes optiques dont nous parlerons bientôt.

§ 78. **Structure par accroissement régulier.** — Nous avons fait observer que les cristaux s'accroissent souvent après leur première formation, § 5, soit en conservant leur forme première, fig. 342 et 343; soit en changeant successivement, comme fig. 344, où l'on voit d'abord un octaèdre, puis un cube, puis un dodécaèdre, qui lui-même est encore enveloppé dans un cube. Nous trouvons assez fréquemment des phénomènes de cette espèce dans la nature, et il s'en présente de semblables dans nos laboratoires, où les accroissements sans variation de formes s'obtiennent en conservant con-

Digitized by Google

stamment la même nature de solution saline, et les autres en faisant varier la nature du liquide dans lequel la cristallisation a lieu.

342. 343. 344.



Ces circonstances donnent lieu à des structures particulières, souvent très-compliquées, dans l'intérieur des cristaux. Quelquefois les divers accroissements peuvent se déboîter les uns des autres, comme fig. 343, lorsque la masse est brisée : c'est ce qu'on voit dans le quartz, dans la fluorine, etc., et ce qu'avec un peu de précaution on peut obtenir dans l'alun, en frottant la surface des cristaux avec un corps gras aux diverses époques d'accroissement. Fréquemment les diverses couches sont à distance l'une de l'autre : c'est ce qu'on voit encore dans le quartz; et ce qui a lieu dans le salpêtre, le sulfate de soude, etc., quand leurs cristaux se forment rapidement dans une solution très-concentrée. L'intervalle des couches se trouve alors rempli par le liquide.

§ 79. **Structure irrégulière d'agrégation.** — Si, en se groupant par les faces homologues, les cristaux provoquent une structure régulière dans la masse qu'ils composent, il en est autrement lorsqu'ils sont jetés pêle-mêle les uns sur les autres : la masse ne peut avoir alors qu'une structure irrégulière, comme leur réunion; mais il y a plusieurs distinctions à faire.

1° *Structure lamellaire.* — Si les cristaux sont clivables, la masse présente dans sa fracture une multitude de petits plans dirigés dans tous les sens, et qu'on reconnaît par leur miroitement. La structure est alors *lamellaire*, à grandes lames, ou à petites lames comme dans le marbre statuaire. Quelquefois les masses sont formées de paillettes peu adhérentes entre elles, et qui restent souvent aux doigts quand on les touche : c'est ce qu'on remarque dans le sulfate de chaux *niviforme*, dans certaines variétés de fer oligiste, dans les matières nommées *chlorites*, etc.

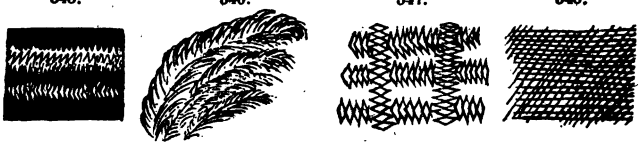
2° *Structure granulaire.* — Si les cristaux accumulés ne sont pas clivables, la masse présente la structure *granulaire*, à gros grains et à petits grains. Mais ces grains sont tantôt de véritables cristaux

Digitized by Google

déformés par leur pression mutuelle; tantôt des grains de sable, des cailloux roulés, agglutinés entre eux : d'où l'on distingue les structures granulaires cristallines et arénacées; c'est cette dernière que présentent les grès.

3° *Structure dendritique.* — Il arrive souvent, dans les agrégations confuses, que les cristaux composent des groupes dendritiques entremêlés les uns avec les autres; ces groupes se reconnaissent plus ou moins dans la masse, qui offre alors une *structure dendritique*. On a distingué, par des épithètes, diverses variétés qui tiennent à la disposition des dendrites, comme *tricoté*, *palmé*, *réticulé*, etc., fig. 345 à 348. La *galène*, le *bismuth*, le *cobalt gris*, les *micas*, etc., nous en offrent de beaux exemples.

345. 346. 347. 348.



4° *Structure fibreuse.* — Les cristaux allongés, minces, en se groupant sur leur longueur, produisent des structures bacillaires et fibreuses; mais cette dernière résulte le plus souvent de la production des filets capillaires, dont nous avons parlé § 66. Les substances qui la présentent se trouvent alors dans les fentes des matières en grandes masses; les fibres, toutes parallèles entre elles, sont perpendiculaires à la paroi d'où elles sortent, et viennent se réunir au milieu de la fente, en formant à leur rencontre un plan de jonction plus ou moins irrégulier.

Les cristaux bacillaires, ou capillaires, sont souvent divergents : c'est ce que montrent les configurations sphéroïdes ou mamelonnées, où tout se dirige au centre, et les stalactites, où tous les cristaux sont dirigés vers l'axe. Les filaments capillaires sont quelquefois aussi entrelacés ou contournés de toutes les manières, ce qu'on voit surtout dans les masses coralloïdes, § 63.

Asbeste, amiante. — Les filaments capillaires ont quelquefois peu d'adhérence entre eux, et se détachent facilement les uns des autres. Ils produisent fréquemment alors des masses souples, soyeuses, des masses flexibles feutrées, ou des masses floconneuses. Telles sont les matières désignées sous le nom d'*asbeste* et d'*amiante*, qu'il faut se garder de considérer comme une seule et même substance, car un grand nombre de matières pierreuses, vitreuses, métalliques, présentent les mêmes phénomènes.

5° *Structure schisteuse.* — Il arrive souvent que les cristaux en

Digitized by Google

lamelles minces, ou les paillettes de mica, se déposent à plat les uns sur les autres, ou bien que de petits cristaux capillaires se couchent sur leur longueur pour former des masses plus ou moins considérables. Ces masses se divisent alors, suivant le plan des lames ou des fibres, en feuillets plus ou moins épais : c'est ce qu'on voit dans les diverses espèces d'ardoises, qui ne sont que des réunions de paillettes disposées à plat, ou dans diverses espèces de grès et d'argiles, qui renferment des lits minces de semblables paillettes. On a désigné cette structure sous le nom de structure schisteuse; et les substances qui la présentent prennent souvent le nom de *schiste* (σχιστός, aisé à fendre).

6° *Structure compacte.* — On nomme *compactes* les substances dans lesquelles on n'aperçoit à l'œil aucune espèce de structure. Cette compacité provient souvent d'une atténuation extrême des cristaux, des grains, des fibres, qui se sont agrégés, et l'on trouve alors des passages aux variétés lamellaires, granulaires, etc. Dans d'autres cas, elle est d'une autre espèce, car on ne reconnaît dans la masse aucune partie distincte, même au microscope, comme dans le verre, le cristal de roche, etc. Ailleurs, les matières compactes passent à des variétés terreuses ou gélatineuses, circonstance qui doit être encore distinguée des deux précédentes.

§ 80. **Structure irrégulière d'accroissement.** — L'accroissement ne se manifeste pas seulement dans les cristaux, où il produit une structure régulière polyédrique § 78; il a lieu également dans les pisolites, dans les configurations réniformes, où il détermine une structure sphéroïdale; dans les stalactites, où la structure est cylindrique ou conique; dans les stalagmites et les dépôts que les eaux forment çà et là, où elle est ondulée de diverses manières. Cette structure se manifeste souvent indépendamment des structures lamellaires, fibreuses, etc., que l'on distingue en même temps dans les corps.

§ 81. **Structure par retrait.** — Le retrait, en déterminant des divisions dans les masses minérales, y produit par cela même des structures lamellaires et fibreuses; quelquefois il donne lieu à des structures schisteuses plus ou moins distinctes, ou à des divisions en couches concentriques, analogues aux structures d'accroissement qu'on remarque dans les rognons.

§ 82. **Structure par moulage.** — Les gerçures et les fentes produites par le retrait, se trouvant remplies par des matières étrangères, déterminent dans celles-ci, lorsque la première est enlevée, des structures cloisonnées en tous sens et une multitude de cavités plus ou moins irrégulières : c'est ce qui est sensible dans cer-

Digitized by Google

tains ludus, § 71, dont la matière de remplissage présente la forme de gâteaux d'abeilles, lorsque la partie terreuse où elle s'était infiltrée a été enlevée; c'est ce qu'on voit encore dans certaines variétés de quartz, qu'on a nommées *quartz haché*.

§ 83. **Structure cellulaire, poreuse, etc.** — Les substances gazeuses qui traversent les matières fondues ou pâteuses y produisent des cellules, tantôt arrondies, tantôt déchiquetées et crevées les unes dans les autres, ou des pores plus ou moins nombreux : c'est ce qu'on observe dans les scories et les matières volcaniques. Souvent les pores ou les cellules s'allongent dans le sens du mouvement de la masse fondue, et il en résulte une sorte de structure fibreuse, qu'on remarque surtout dans la ponce.

Quelques dépôts calcaires sont criblés de *tubulures*, placées verticalement, qui paraissent provenir des gaz produits par la décomposition des matières organiques placées au-dessous.

Il se produit quelquefois aussi une sorte de structure cellulaire ou poreuse, par suite de la décomposition de certains cristaux, ou de petits rognons, qui laissent leur moule en creux dans les masses où ils étaient renfermés : c'est ce qui arrive souvent par la destruction des cristaux et des rognons de pyrite.

§ 84. **Structure organique.** — Nous avons dit que dans les véritables pétrifications, § 70, tout le tissu organique se trouve nettement conservé. Il en résulte par conséquent des structures qui appartiennent aux corps organisés : telles sont celles des bois, des madrépores, de certains animaux mous, etc.

Il y a aussi des structures tubuleuses qui tiennent tantôt à des débris organiques tubulaires, tantôt à des corps cylindriques qui ont laissé leurs moules dans les matières minérales.

Il faut remarquer enfin que les pierres calcaires sont souvent percées par certains mollusques, et offrent dès lors une structure cellulaire tout à fait accidentelle. Non-seulement cette circonstance se présente dans les calcaires qui bordent nos mers, mais encore dans ceux qui se trouvent à l'intérieur des terres, qui par conséquent ont dû être jadis baignés par les eaux de l'Océan.

DE LA CASSURE.

§ 85. Les structures que nous venons de décrire ont été souvent indiquées sous le nom de cassures, parce qu'en effet c'est par la cassure qu'elles se manifestent : c'est ainsi qu'on dit souvent que tel corps a la cassure lamellaire, granulaire, fibreuse, compacte, etc.; mais la structure compacte nous offre dans la cassure quelques variations qu'il n'est pas inutile d'indiquer.

Digitized by Google

Cassure conoïde et conchoïde. — Lorsqu'on frappe sur une matière compacte, homogène, le choc détermine dans l'intérieur une fissure en *cône* plus ou moins obtus : c'est ce qu'on voit, par exemple, sur une bille d'agate translucide, qu'on laisse tomber sur un corps dur. Lorsque le coup est assez fort, il se détache des fragments qui présentent en creux les empreintes du *mamelon conoïde* mis à découvert. Ces empreintes ont une certaine analogie avec l'intérieur d'une coquille bivalve, et l'on dit alors que la cassure est *conchoïde;* elle est plus ou moins creuse suivant les matières, qu'on peut ainsi distinguer les unes des autres.

Il y a aussi des substances compactes qui offrent dans leur cassure un nombre plus ou moins considérable d'esquilles prêtes à se détacher. On dit alors que la cassure est *esquilleuse*, et cette circonstance peut aussi faciliter quelques distinctions. Enfin, il y a des matières compactes dont la cassure est unie et plate : c'est, par exemple, le caractère des meilleures pierres lithographiques.

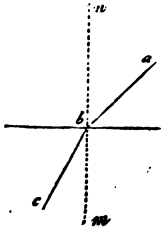
PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES MINÉRAUX.

§ 86. Parmi les propriétés optiques des minéraux, les plus importantes sont la réfraction, simple ou double, la polarisation par réflexion, le polychroïsme, l'astérisme, les couleurs propres ou accidentelles. Quelques-unes paraissent être inhérentes à la nature du corps, mais le plus grand nombre tiennent à l'arrangement de ses particules, et servent souvent à le découvrir.

RÉFRACTION SIMPLE.

§ 87. **Définition, résultat.** — Toutes les fois qu'un rayon de lumière, *a b*, ou *c b*, fig. 349, passe obliquement d'un corps dans un autre, il est dévié de sa direction et comme brisé (*refractus*) à la jonction des deux milieux; de là l'expression de *réfraction*, par laquelle on désigne le phénomène. La réfraction est *simple*, lorsque le rayon reste simple dans un milieu comme dans l'autre; elle est double, lorsqu'il se divise en deux par l'action de l'un des corps.

349.



On nomme *angle d'incidence* et angle de *réfraction* les angles que le rayon lumineux fait avec la normale *mn* au point d'incidence, avant et après la réfraction. L'observation fait voir que les sinus de

Digitized by Google

ces angles sont dans un rapport constant entre deux substances déterminées, et qu'ils varient, au contraire, quand à l'une des substances réfringentes on en substitue une autre. Ainsi de l'air atmosphérique, où nous sommes constamment plongés, il y a constance de rapport relativement à une substance déterminée, et variation, au contraire, pour toute autre substance. Ce rapport constant pour chaque substance se nomme *indice de réfraction*.

§ 88. **Application.** — L'observation de l'indice de réfraction est importante dans l'étude des corps bruts, en cela qu'elle peut souvent conduire à distinguer nettement ces corps les uns des autres, du moins lorsqu'ils sont purs de tout mélange mécanique qui pourrait déranger la marche des rayons, et qu'ils sont dans des états de cristallisation comparable. En effet, on distinguerait facilement par ce moyen les substances suivantes, sur lesquelles on a des observations suffisamment exactes.

Noms des substances.		*Indices de réfraction.*	
Diamant		2,439	2,755
Soufre		2.115	
Zircon		1.950	
Grenat		1,815	
Rubis spinelle		1,812	
Saphir bleu		1,794	
Rubis oriental		1,779	
Saphir blanc		1,768	
Feldspath		1,764	
Gymophane (chrysolite orientale)		1,760	
Calcaire cristallisé	rayon ordinaire	1,654	
	rayon extraordinaire	1,485	
Aragonite	l'un des rayons	1,695	
	l'autre	1,535	
Sulfate de baryte	l'un des rayons	1 635	
	l'autre	1,620	
Topaze jaune	l'un des rayons	1 640	
	l'autre	1 652	
Topaze blanche		1,610	
Quartz	rayon ordinaire	1 548	
	rayon extraordinaire	1,558	
Sel commun		1,557	
Calcédoine		1,553	
Sulfate de chaux (pierre à plâtre)		1,525	
Opale		1,479	
Borax		1,475	
Alun		1,457	
Fluorine		1,436	

Les couleurs dont les substances peuvent être accidentellement

Digitized by Google

pourvues apportent toujours quelque différence dans l'indice de réfraction, et généralement l'élèvent. On voit en effet que le saphir blanc a pour indice 1,768, le saphir bleu 1,794, et le rubis oriental, qui est de la même nature, 1,779; la topaze blanche a pour indice de réfraction 1,610, et la topaze jaune 1,632.

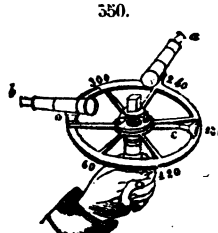
On peut remarquer aussi, comme nous l'avons annoncé § 46, que l'indice de réfraction n'est pas le même lorsque la substance cristallise dans deux systèmes différents. Ainsi le calcaire cristallisé rhomboédrique a pour indice 1,654 et 1,483; tandis que l'aragonite présente 1,693 et 1,535. De là on voit que la réfraction ne dépend pas seulement de la nature des substances; mais encore de l'arrangement de leurs particules.

§ 89. **Moyen de détermination.** — Parmi les différents moyens qu'on peut employer pour déterminer l'angle de réfraction, le plus simple consiste à faire tailler la substance en prisme (ou à prendre un cristal transparent et à faces lisses), à mesurer l'incidence des deux faces et à chercher ce qu'on nomme la déviation minimum du rayon qui traverse ce corps, c'est-à-dire l'angle minimum que l'image réfractée peut faire avec l'image directe. Au moyen de ces données, on obtient le rapport cherché; car on démontre, α étant l'angle du prisme et Δ l'angle de déviation minimum, que l'indice de réfraction est représenté par la formule

$$\frac{\text{sinus}\,\frac{1}{2}(\alpha+\Delta)}{\text{sinus}\,\frac{1}{2}\alpha}$$

Le goniomètre de M. Babinet, au moyen duquel on peut avoir l'angle du prisme § 10, sert aussi à mesurer la déviation minimum. Pour cela, le prisme étant sur le support central, on amène la lunette mobile *b*, fig. 350, à droite ou à gauche de la direction de la lunette fixe *a*, et, en tournant le support on obtient bientôt une image du spectre solaire due au fil vertical de la lunette. En tournant alors doucement dans un sens ou dans l'autre, on voit généralement le spectre sortir de la lunette par un côté ou par l'autre.

350.



En rapprochant alors la lunette *b* de la direction de *a*, et en tournant en même temps le support pour ne pas perdre le spectre de vue, on arrive après quelques tâtonnements à une position telle, que les deux mouvements contraires donnent un spectre qui s'écarte toujours dans le même sens : c'est le spectre de la déviation minimum.

Parvenu à ce terme, on choisira un point du spectre, par exemple la ligne de démarcation du vert au rouge; on amènera le point de croisement des fils sur cette ligne de démarcation, et on notera l'angle indiqué par le nonius.

On portera alors la lunette mobile de l'autre côté de la direction de la lunette *a* : on cherchera de même le spectre-limite, et on amènera le point de croisement des

Digitized by Google

fils sur la même ligne de démarcation du vert au rouge. On aura alors entre les deux stations un angle dont la moitié est celui de la déviation minimum.

RÉFRACTION DOUBLE.

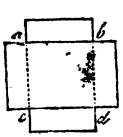
§ 90. **Exposé du phénomène.** — Il y a des substances dans lesquelles non-seulement le rayon de lumière incident se réfracte, mais encore se divise en deux rayons distincts; c'est-à-dire que, quand on regarde un objet à travers un de ces corps, on le voit généralement double : c'est ce qu'on peut observer très-facilement, par exemple, avec un rhomboèdre de carbonate de chaux limpide (vulgairement spath d'Islande), et avec un grand nombre d'autres substances lorsqu'elles sont convenablement taillées.

Applications. — L'ensemble des observations fait voir que les corps qui ont la réfraction simple sont, ou privés de cristallisation, ou bien cristallisés dans le système cubique. Ceux qui ont la réfraction double sont, au contraire, tous cristallisés, et appartiennent aux autres systèmes.

Ce premier fait permet de distinguer beaucoup de substances, lors même qu'elles sont en lamelles, en fragments irréguliers, ou qu'elles ont été taillées. Jamais on ne confondra, par exemple, le verre et le cristal de roche, le rubis spinelle et le rubis oriental, le grenat et le zircon, etc., parce que les premiers corps de chaque exemple donnent la réfraction simple, et les seconds la réfraction double. Les premiers sont donc des corps non cristallisés (le verre), ou qui appartiennent au système cubique (le spinelle et le grenat); les seconds sont, au contraire, des corps cristallisés qui appartiennent à l'un des autres systèmes.

§ 91. **Moyen d'observation.** — Pour reconnaître si une substance possède ou ne possède pas la double réfraction, il suffit d'en placer un fragment entre deux lames de tourmaline taillées parallèlement à l'axe de cristallisation, et croisées à angle droit comme fig. 351. On a ordinairement pour cela des pinces élastiques, fig. 352, terminées par des montures qui enchâssent les lames de tourmaline, et qui peuvent tourner l'une sur l'autre avec facilité; la pièce d'essai placée entre ces deux lames y est alors maintenue naturellement par le ressort.

351.



352.

Si la substance qu'on veut essayer ne possède que la réfraction

Digitized by Google

simple, l'endroit du croisement des deux lames de tourmaline, *abcd*, qui est naturellement obscur; ne laisse encore passer aucune lumière après l'interposition; si, au contraire, la substance possède la double réfraction, l'endroit du croisement s'éclaircit d'une manière non équivoque.

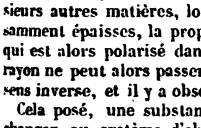
Pour comprendre ce qui se passe dans cette opération, il faut savoir qu'en traversant une substance douée de la double réfraction la lumière acquiert une propriété particulière qu'on a nommée *polarisation*. Cette propriété consiste en ce qu'un rayon ainsi modifié refuse plus ou moins, par un certain côté, de pénétrer dans un corps diaphane réfléchissant, tandis que par le côté opposé il y pénètre avec facilité.

Il faut remarquer encore que les deux rayons obtenus par un corps doublement réfringent sont en général polarisés en sens inverse.

Maintenant, la tourmaline, substance à double réfraction, possède, ainsi que plusieurs autres matières, lorsqu'elle est taillée parallèlement à l'axe en plaques suffisamment épaisses, la propriété d'éteindre un des rayons et de laisser passer l'autre, qui est alors polarisé dans un certain sens, conforme à la position de la plaque. Ce rayon ne peut alors passer dans une plaque de la même substance dont l'axe est en sens inverse, et il y a obscurité à l'endroit du croisement.

Cela posé, une substance qui ne possède que la réfraction simple ne peut rien changer au système d'obscurité des deux lames de tourmaline lorsqu'on la place entre elles; mais une substance biréfringente force en général le rayon polarisé par la première tourmaline à se partager en deux faisceaux, dont l'un, polarisé en sens inverse du premier, peut alors traverser la tourmaline tournée vers l'œil.

355.



Lorsque le fragment est irrégulier, ou lorsque la matière est taillée à facettes, il peut rester quelque doute sur la double réfringence du corps. Dans ce cas, il est bon de noyer la pierre dans l'épaisseur d'une lame de liége, fig. 355, puis de coller une lame de verre sur chaque surface au moyen de térébenthine épaissie qui remplit les vides. On place l'appareil ainsi composé entre les lames de tourmaline.

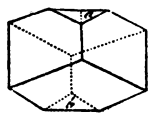
Remarque. — Il ne faudrait pas toujours conclure trop rigoureusement, de ce qu'une substance laisse passer la lumière entre les lames de tourmaline croisées, qu'elle est cristallisée régulièrement et n'appartient pas au système cubique. Le verre, par exemple, qui n'est pas cristallisé, acquiert, par l'effet de la trempe*, la propriété de dépolariser le rayon qui a traversé la première tourmaline, et, par conséquent, en dispose une partie à passer dans la seconde. Certains corps du système cubique, certains diamants, par exemple, produisent un résultat analogue, ce qu'on regarde aussi comme l'effet d'un certain arrangement forcé et d'une sorte de trempe. Les observations que nous allons faire nous garantiront de ces erreurs.

* On trempe le verre, c'est-à-dire qu'on fait prendre à ses molécules une sorte d'arrangement qui tend à la régularité cristalline, en le chauffant et le faisant refroidir rapidement.

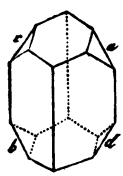
Digitized by Google

§ 92. **Lignes neutres ou axes.** — Le phénomène de double réfraction, dans une substance déterminée, ne se manifeste pas indifféremment dans tous les sens. On reconnaît toujours, en faisant tailler convenablement les corps, que pour les uns il y a une direction dans laquelle on ne voit qu'une seule image, et que pour les autres il y a deux directions de cette espèce. Dans le spath d'Islande, par exemple, le phénomène de double réfraction disparaît dans la direction de l'axe du cristal; de manière que, si l'on fait tailler sur les sommets d'un rhomboèdre des faces perpendiculaires à l'axe *a* et *b*, fig. 354, on ne voit que des images simples des objets qu'on regarde à travers. Dans la topaze, qui cristallise en prismes rhomboïdaux, on trouve une direction neutre inclinée à la droite de l'axe, et une seconde direction inclinée à la gauche : par exemple, entre les deux faces *a* et *b*, fig. 355, on voit les objets simples, et de même entre les deux faces *c* et *d*.

354.



355.



Ces directions où la double réfraction cesse d'avoir lieu ont été nommées *lignes neutres, axes de double réfraction* ou *axes optiques*. Une ligne neutre unique, ou un seul axe, se confond toujours avec l'axe de cristallisation; la ligne moyenne, entre deux lignes neutres, correspond à un des axes cristallins qu'on peut concevoir dans la substance.

Application. — Voici maintenant l'observation minéralogiquement importante. Toutes les substances qui ont une seule ligne neutre appartiennent au système rhomboédrique, ou au système prismatique à bases carrées; toutes celles qui en ont deux appartiennent à l'un des autres systèmes prismatiques. Il résulte de là que, par l'observation des phénomènes optiques, on ne confondra pas plus, par exemple, le cristal de roche et la topaze, le spath d'Islande et le gypse (pierre à plâtre), qu'on ne les confondrait par la forme des cristaux les mieux prononcés.

§ 93. **Recherche des axes.** — Il est donc important de pouvoir déterminer si une substance diaphane possède un seul axe, ou si elle en possède deux. Malheureusement, l'observation ne peut pas toujours avoir lieu immédiatement, et souvent il est nécessaire de faire tailler le corps qu'on veut examiner. Voici les faits qui établissent les caractères distinctifs.

Toutes les substances à un axe, taillées en plaques perpendicu-

Digitized by Google

356.

lairement à cette ligne, et placées alors entre deux lames de tourmaline, laissent voir des anneaux colorés circulaires et concentriques, généralement traversés par une croix noire, fig. 356, si elles ont l'épaisseur convenable. Le spath d'Islande en offre un bel exemple; mais le quartz a besoin d'être en plaques excessivement minces pour laisser apercevoir une ombre bleuâtre de cette croix, qui disparaît entièrement pour une épaisseur un peu plus forte. Dans ce dernier cas le centre est simplement coloré, d'une manière ou d'une autre

Les substances à deux axes, taillées perpendiculairement à la

357.

ligne moyenne, laissent voir deux séries d'anneaux colorés, fig. 357, l'une d'un côté de la ligne moyenne, l'autre du côté opposé : ces anneaux sont généralement elliptiques et traversés chacun par une bande noire. Les deux groupes d'anneaux sont alors plus ou moins écartés l'un de l'autre, suivant la nature des substances; c'est-à-dire que les axes de double réfraction font entre eux des angles plus ou moins ouverts.

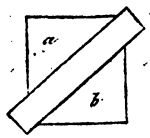
Il faut remarquer que certaines substances, telles que l'émeraude, la tourmaline, l'anatase, l'idocrase, le zircon, etc., qui se rapportent aux systèmes à un axe, présentent quelquefois des phénomènes qui les rapprochent des matières à deux axes. Lorsqu'elles sont taillées en plaques perpendiculaires à l'axe, et placées entre les lames de tourmaline croisées, on reconnaît, pour certaines positions, la croix noire qui doit les caractériser; mais, en les faisant tourner sur leur plan, on voit bientôt les branches de cette croix se tordre et donner lieu à des anneaux séparés. Souvent cet effet se produit dans certains points d'une même plaque, tandis qu'il n'a pas lieu dans les autres.

Généralement les substances cristallines ont besoin d'être taillées pour présenter les phénomènes que nous avons indiqués. Cependant il en est qui ont des clivages perpendiculaires à l'axe, ou à la ligne moyenne des axes, comme la topaze, les micas, le talc, etc., et il suffit d'en détacher une lame, de la placer entre les plaques de tourmaline croisées, pour apercevoir leurs propriétés, soit immédiatement, soit en inclinant l'appareil d'un côté ou de l'autre devant l'œil.

Lorsque le clivage n'est pas perpendiculaire à l'axe, il suffit quelquefois, pour pouvoir observer les phénomènes, d'incliner

Digitized by Google

358.



plus ou moins les lames qu'on en obtient entre les plaques de tourmaline; mais, quand l'indice de réfraction est un peu fort, le rayon sort du champ de la vision, et l'on n'aperçoit rien. Dans ce cas, on peut y accoler deux petits prismes de verre, *a* et *b*, fig. 358, d'un angle ou d'un autre, en les fixant par de la térébenthine épaissie; c'est ce qu'on peut faire, par exemple, pour des plaques minces de spath d'Islande, qui ne montrent pas immédiatement l'indice de la ligne neutre qu'elles possèdent.

On peut quelquefois se servir aussi d'un fragment irrégulier pour observer les phénomènes, en y accolant des prismes dans un sens ou dans l'autre; mais ce procédé est souvent incertain, et, en général, il vaut mieux faire tailler dans la substance une plaque à faces parallèles.

§ 94. **Polariscope d'Amici.** — La pince à tourmaline a l'avantage de présenter un instrument peu volumineux et peu dispendieux; mais elle offre souvent peu de facilité pour l'observation des phénomènes, tant à cause de la coloration des lames qui la composent que par la petitesse des fragments de diverses matières qu'on peut avoir à essayer. M. Amici a imaginé un instrument, à la vérité assez coûteux, qui donne beaucoup plus de lumière et permet d'opérer sur de très-petites lames transparentes qu'il est toujours plus facile de se procurer. Le jeu des lentilles est d'ailleurs tel, qu'on peut apercevoir à la fois, sans être obligé de pencher le cristal à droite ou à gauche, tous les phénomènes qui sont dus à l'inclinaison des rayons polarisés dans leur passage à travers la substance.

§ 95. **Écart des axes.** — Nous venons de dire que les deux systèmes d'anneaux elliptiques sont plus ou moins écartés l'un de l'autre, suivant la nature des substances, ou, en d'autres termes, que les axes optiques font entre eux des angles plus ou moins ouverts. Cette circonstance permet encore de distinguer parfaitement un grand nombre de corps bruts les uns des autres; mais on conçoit alors que l'observation vague du plus ou du moins dans l'écartement ne peut faire distinguer que les extrêmes; et que, pour apprécier la différence dans tous les corps, il faut souvent évaluer les angles en degrés. On doit dès lors substituer à la pince à tourmaline, et même au polariscope d'Amici, un appareil susceptible de donner des mesures, sinon tout à fait exactes, ce qui est difficile, du moins comparables entre elles.

Digitized by Google

On peut se servir à cet effet de l'appareil de M. Soleil *, fig. 389, qui remplace d'ailleurs avec avantage la pince à tourmaline. Il consiste en un plan noir *a*, par le moyen duquel la lumière vague des nuées, réfléchie sous l'angle de 35° 25', se trouve polarisée, et vient traverser une lentille *b* qui réunit les rayons parallèles à son foyer. A ce foyer est une pince *c* sur laquelle on adapte la plaque du corps qu'on veut éprouver. De ce point, les rayons lumineux vont traverser une autre lentille *d*, qui les rend de nouveau parallèles; une troisième lentille *e* les reçoit alors et les fait converger en *f*, où se trouve une lame de tourmaline qui sert d'oculaire.

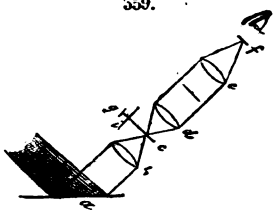


Fig. 389.

La pince *c* peut recevoir un mouvement de rotation au moyen de la rondelle *g*, de manière qu'on puisse incliner plus ou moins la plaque dans un sens ou dans l'autre; l'angle est alors indiqué sur un cercle divisé *i*. La plaque elle-même peut être tournée sur son plan, entre les pinces, comme on le désire.

Entre les deux lentilles *d* et *e* se trouvent deux fils fins croisés rectangulairement. Pour déterminer l'écartement des axes, on place la lame d'essai sur le support *c* : on la tourne sur son plan de manière que les deux centres des anneaux coïncident avec le fil vertical, puis on tourne la virole *g* pour amener successivement chaque centre sur le point de croisement des fils; l'arc qui se trouve alors décrit par la pince donne l'angle des lignes neutres entre elles. On obtiendra ainsi par exemple les angles suivants, qui distinguent nettement les substances auxquelles ils se rapportent :

Strontianite. . .	6° 56'	Célestine. . . .	50°
Talc.	7° 24'	Gypse.	60° 6'
Céruse.	17° 30'	Cordiérite. . . .	62° 50'
Aragonite. . . .	18° 18'	Orthose.	65°
Barytine.	37° 42'	Cyanite.	81° 48'
Stilbite.	41° 42'	Épidote.	84° 19'
Karsténite. . . .	44° 41'	Péridot.	87° 56'

On reconnaîtra aussi que les matières qu'on nomme *topazes* présentent dans les diverses variétés d'assez grandes différences, comme de 45° à 65°, ce qui semble indiquer des espèces distinctes. Les *micas* présenteront des différences bien plus grandes encore, car on y observera une vingtaine d'angles différents entre 6° et 76°; ce qui conduit à y concevoir autant d'espèces.

§ 96. **Diamètre des anneaux.** — Les diamètres des anneaux colorés, soit circulaires, soit elliptiques, varient d'une substance à l'autre lorsque les plaques qui les produisent sont de la même épaisseur; par conséquent, si l'on faisait tailler toutes les substances en plaques de même épaisseur, on pourrait les distinguer par ces diamètres. Il est clair qu'on reconnaîtrait immédiatement à l'œil celles qui présentent les plus grandes différences, mais, pour beaucoup d'autres, il serait encore nécessaire de prendre des me-

* Cet habile opticien tient spécialement les substances taillées qui montrent les différents effets dont nous avons parlé; il tient aussi les appareils de polarisation, et ceux qui sont propres à projeter les figures sur des plans, pour les faire voir à un grand nombre de personnes à la fois, même avec la lumière d'une lampe Carcel.

Digitized by Google

sures qui puissent permettre la comparaison. L'appareil de M. Soleil peut encore servir ici; pour cela, on amène sur le fil horizontal le bord d'un anneau déterminé, puis l'autre bord, et l'on obtient la distance angulaire de l'un à l'autre sur le limbe divisé.

§ 97. **Cristaux attractifs et répulsifs.** — Il y a des cristaux à un axe où l'indice de réfraction ordinaire est plus grand que l'indice extraordinaire, et d'autres où c'est précisément le contraire : c'est-à-dire que dans les uns le rayon ordinaire est celui qui s'éloigne le plus de l'axe, comme s'il était repoussé, et que dans les autres il s'en rapproche le plus, comme s'il était attiré. Les premiers sont nommés cristaux *répulsifs* ou *négatifs;* les autres, cristaux *attractifs* ou *positifs*. Cette circonstance offre encore un moyen de distinguer certaines substances de diverses autres, malgré les analogies extérieures, par exemple :

Cristaux négatifs.		*Cristaux positifs.*
L'apatite.		
Le calcaire.		
Le cinabre	et.	l'argyrose.
Le coridon, L'émeraude	et.	le quarz, la dioptase.
La néphéline	et.	l'apophylite.
La pyromorphite.		
La tourmaline.		
L'anatase	et.	la cassitérite.
L'idocrase, La wernérite	et.	le zircon.
La mellite.		
La mélinose.		

Moyen d'observation. — Pour reconnaître si une substance à un axe est attractive ou répulsive, il suffit, après en avoir disposé une plaque dans l'appareil pour conserver les anneaux, de lui superposer une plaque semblable d'une substance dont le mode d'action est connu (spath d'Islande, par exemple, qui est répulsif), et de remarquer si les anneaux s'élargissent ou se rétrécissent. S'ils s'élargissent, les deux substances sont d'action contraire, car les choses se passent comme si l'on diminuait l'épaisseur de la plaque : donc la substance est attractive. S'ils se rétrécissent, les actions s'ajoutent, puisque les choses se passent comme si l'on augmentait l'épaisseur de la plaque; par conséquent, les actions sont de même espèce : donc la substance est répulsive *.

* C'est par des modifications dans les diverses propriétés optiques dont nous venons de parler qu'on s'aperçoit des changements de systèmes cristallins qui peuvent se manifester dans un corps par différents moyens (voyez § 46 et 48).

Digitized by Google

ANGLE DE POLARISATION.

§ 98. Si la lumière, en traversant certaines substances, acquiert cette propriété particulière qu'on a nommée polarisation, elle la prend aussi en se réfléchissant à la surface de tous les corps. Or l'angle sous lequel le maximum d'effet a lieu est différent dans les diverses substances, ce qui fournit, par conséquent, de nouveaux moyens de les distinguer. Ainsi on ne confondra pas les substances suivantes d'après l'angle de polarisation.

	Angles de polarisation.
Verre	54° 35' *
Fluorine	55° 9'
Gypse	56° 45'
Quartz	56° 58'
Brucite	57° 25'
Barytine	58° 29'
Topaze	58° 34'
Spath d'Islande	58° 51'
Spinelle	60° 25'
Zircon	63° 0'
Soufre	63° 45'
Diamant	63° 1'
Crocoïse	68° 3'

M. Brewster a trouvé cette loi générale : que la tangente de l'angle de polarisation est égale à l'indice de réfraction, en sorte qu'on peut connaître l'un par l'autre.

On peut, pour déterminer l'angle de polarisation, se servir de tous les instruments propres à mesurer l'inclinaison d'un rayon réfléchi. Le goniomètre de M. Babinet, § 10, peut être employé pour cela avec facilité, en plaçant une tourmaline sur l'oculaire, de manière que son axe soit perpendiculaire au plan du cercle. Il suffit alors, l'alidade étant à 0°, de faire mouvoir le support sur lequel le corps est fixé, en même temps que la lunette mobile, jusqu'à ce que l'image de la lunette fixe, réfléchie par le corps, soit éteinte par la tourmaline, ou amenée au minimum d'intensité. On obtient alors l'inclinaison du rayon polarisé sur le plan réfléchissant, dont il faut prendre le complément pour rentrer dans le mode d'indication que nous avons adopté.

* Ces angles sont ceux que le rayon réfléchi polarisé fait avec la normale.

Digitized by Google

POLYCHROÏSME.

§ 99. Les substances douées de la double réfraction nous offrent encore une autre propriété. Lorsqu'on les place entre l'œil et la lumière, elles présentent une couleur ou une autre, suivant la direction dans laquelle les rayons lumineux les traversent. Parallèlement aux axes, aucune partie de lumière n'est polarisée, et on observe alors une teinte déterminée. Dans toutes les autres positions, la lumière émergente est un mélange de lumière polarisée et de lumière ordinaire, et la teinte est alors différente; elle varie avec les quantités respectives de ce mélange.

Lorsqu'on analyse la lumière transmise, au moyen d'une lame de tourmaline, tournée de manière à rejeter la lumière polarisée, on observe la même teinte dans toutes les directions.

Les teintes ne sont pas toujours nettement tranchées; mais, lorsqu'elles le sont, on trouve encore ici un moyen de déterminer la direction des axes : il suffit de chercher quelle est la direction où, à la vue simple, on observe la teinte semblable à celle qu'on obtient au moyen de la tourmaline analysante.

ÉCLAT.

§ 100. Lorsque la lumière se réfléchit à la surface d'un corps, il se produit deux effets : l'un qui reporte à l'œil l'image des objets, c'est la réflexion propre; l'autre, en vertu duquel l'œil aperçoit le corps lui-même, et, nonobstant les couleurs, en reçoit une impression particulière. C'est cette impression qu'on nomme l'*éclat* du corps, au moyen de laquelle nous distinguons une multitude d'objets les uns des autres : par exemple, une plaque d'acier poli d'une plaque de verre, un morceau de cire d'un morceau de résine, etc. On a dû s'en servir également pour la comparaison des diverses substances minérales, et on distingue principalement alors l'*éclat métallique*, l'*éclat vitreux*, l'*éclat résineux*, l'*éclat gras*, l'*éclat nacré*, l'*éclat soyeux*, qui n'est que l'éclat nacré accompagné de la structure fibreuse. On admet aussi différentes variétés, qu'on désigne par des épithètes, comme demi-métallique, demi-vitreux, etc.; on dit encore *éclat métalloïde*, pour désigner l'apparence métallique que présentent certaines substances pierreuses. L'éclat du diamant a quelque chose de particulier qu'on ne trouve que dans un très-petit nombre de substances.

L'éclat est souvent fort variable dans le même corps, en sorte qu'il ne peut servir à distinguer exactement une substance de

Digitized by Google

toutes les autres. Cependant il ne varie jamais de l'éclat métallique à l'éclat vitreux; et, sous ce rapport, il peut avoir quelque utilité.

ASTÉRISME, CERCLES PARHÉLIQUES, COURONNES.

§ 101. **Astérisme.** — On connaissait depuis longtemps une variété de saphir qui montrait, par réflexion, devant une vive lumière, une étoile brillante à six rayons. Plus tard, on s'est aperçu que le même phénomène avait lieu par réfraction, en regardant la lumière d'une bougie à travers la pierre. On vit ensuite que plusieurs substances donnaient également des étoiles, à branches plus ou moins nombreuses. M. Babinet a rattaché ces phénomènes à ceux des réseaux dont voici les faits analogues.

Lorsqu'on regarde la lumière d'une bougie à travers une lame de verre sur laquelle on a tracé des stries parallèles *, fig. 360, on voit des deux côtés de la flamme une bande lumineuse perpendiculaire à leur direction. Quand les stries sont croisées à angle droit, on aperçoit deux bandes lumineuses croisées de même, et, conséquemment, une étoile à quatre rayons rectangulaires. C'est ce qu'on peut voir en regardant la lumière à travers un linge fin. Avec trois séries de stries, fig. 361, on a trois bandes, et, conséquemment, une étoile à six rayons, etc. Généralement, il y a autant de bandes lumineuses que de directions de stries, et les angles des bandes entre elles sont précisément ceux que présentent les stries elles-mêmes.

360.

361.

Des structures semblables dans les minéraux produisent les mêmes effets. Ainsi, quand on trouve des substancee susceptibles de *chatoiement* par réflexion, on reconnaît qu'elles sont fibreuses, à fibres plus ou moins fines, et que c'est perpendiculairement à ces fibres que se montre la ligne de reflet lumineux qu'elles présentent. Le gypse et le carbonate de chaux fibreux, le quartz fibreux, le quartz asbestifère (œil-de-chat), etc., présentent ces effets d'une manière saillante.

En examinant au microscope les corps astérisants, on y découvre aussi le plus souvent des structures correspondantes. Ainsi une plaque coupée perpendiculairement à l'axe d'un prisme hexagone de saphir présente des stries qui forment entre elles des triangles équilatéraux : elles doivent donc donner des étoiles

* Une lame de verre sur laquelle on a passé le doigt légèrement humide produit le même effet.

Digitized by Google

à six rayons; un prisme d'émeraude est dans le même cas, etc. Un prisme carré d'idocrase présente sur ses bases, au microscope, des lignes rectangulaires, et il donne, en effet, des étoiles à quatre rayons rectangulaires. Un prisme de sulfate de baryte présente deux systèmes de lignes qui se croisent obliquement, et il produit une astérie à quatre branches qui se croisent de même, etc.

L'espèce d'astérisme que présente une substance peut donc nous donner sur sa structure intérieure des indices qui nous échappent de toute autre manière. Ainsi on doit conclure que les prismes de saphir et d'émeraude sont formés de prismes triangulaires équilatéraux; que les prismes d'idocrase sont formés de prismes carrés; que ceux de sulfate de baryte sont formés de prismes rhomboïdaux, etc. Ce qui prouve, en effet, qu'il en est ainsi, c'est qu'une plaque coupée dans des corps parallèlement à l'axe ne produit qu'une seule ligne lumineuse, ou tout au plus deux lignes rectangulaires dont l'une correspond au clivage de la base.

Les observations, en se multipliant, nous donneront sans doute quelque jour des résultats importants, et l'on verra probablement pourquoi certaines substances, le quartz, par exemple, malgré leur analogie avec d'autres, ne produisent pas d'astérismes; on déterminera la forme et la disposition des molécules qui conviennent au grenat trapézoèdre pour produire des étoiles à six rayons inclinés de 60°, lorsqu'on le taille sur certains angles, et des étoiles à quatre rayons inclinés de 60 et 120° sur d'autres; pourquoi il n'en est pas de même dans d'autres substances du système cubique, etc.; pourquoi enfin les différentes formes d'une même substance offrent à cet égard des dispositions diverses, et quels sont les rapports qu'elles peuvent avoir entre elles.

§ 102. **Cercle parhélique.** — Toutes les substances astérisques produisent encore un autre phénomène qui tient aux systèmes de stries parallèles à l'axe, déterminées par les arêtes des molécules prismatiques composantes, sur lesquelles la lumière se réfléchit aussi en traversant la pierre. Ce phénomène consiste en un cercle lumineux passant par la flamme qui sert de point de mire. Non-seulement il a lieu dans les substances cristallisées, mais il se voit encore dans toutes les matières irrégulièrement fibreuses, à fibres parallèles, taillées perpendiculairement à leur direction.

§ 103. **Couronnes.** — Lorsque les substances sont composées uniformément de fibres régulières, parallèles, et qu'on taille des plaques perpendiculairement à leur direction, on voit à travers ces plaques une couronne circulaire autour de la lumière qu'on prend

Digitized by Google

pour point de mire. Les couronnes sont plus ou moins grandes suivant la grosseur des fibres, qu'on peut parvenir à évaluer rigoureusement par la mesure du diamètre des cercles*.

COULEURS.

§ 104. **Couleurs propres.** — On doit distinguer dans les minéraux des *couleurs propres* et des *couleurs accidentelles*. Les premières tiennent à la nature même des corps et sont dès lors importantes pour leur distinction; telles sont celles des métaux, du soufre, des sulfures, des oxydes, et souvent de leurs composés. Ces couleurs sont toujours uniformes dans toute l'étendue du corps; elles varient seulement d'intensité dans les oxydes, et jusqu'à paraître tout à fait noires, suivant qu'ils sont plus ou moins compactes; mais alors la poussière a toujours la même teinte, et c'est pourquoi on en indique particulièrement la couleur dans l'exposé des caractères. Les couleurs propres varient quelquefois avec l'arrangement particulier des molécules. C'est ainsi que le soufre, fondu à 109° et refroidi, présente la couleur jaune et devient cassant; tandis que, porté au point d'ébullition (400°) et refroidi brusquement, il devient brun rouge et mou. Le phosphore refroidi lentement présente une couleur jaunâtre, et il est noir lorsqu'on le refroidit rapidement.

§ 105. **Couleurs accidentelles.** — Un grand nombre de corps, terreux, pierreux et vitreux, sont naturellement blancs; mais ils se trouvent fréquemment mélangés de matières douées de couleurs diverses, qui les colorent dans tout ou partie de leur masse. Ces corps peuvent donc présenter éventuellement une multitude de couleurs différentes, suivant les circonstances où ils se sont formés : c'est ainsi que le cristal de roche est tantôt incolore, tantôt coloré en jaune, en vert, en brun, en noir, en violet, etc.; que l'émeraude, qu'on se figure toujours comme une pierre verte, se trouve tantôt incolore, tantôt bleue, jaune, etc.

On voit fréquemment les matières qui ont cristallisé ensemble se pénétrer dans quelques parties, et celles qui sont colorées se disséminer dans la masse des autres en leur donnant une teinte particulière. Souvent ces sortes de mélanges troublent la transparence des corps, qui en deviennent même tout à fait opaques; mais souvent aussi les corps restent alors plus ou moins diaphanes, ce qui indique ou que la matière étrangère est en parti-

* On produit le phénomène des couronnes en projetant l'haleine sur une plaque de verre à travers laquelle on regarde la lumière.

Digitized by Google

cules extrêmement fines, ou qu'elle se trouve dans une sorte de combinaison chimique. Les effets du polychroïsme nous indiquent dans les corps des dispositions particulières des matières colorantes que peut-être un jour ils nous conduiront à expliquer.

Ces matières colorantes sont quelquefois des principes fugaces que le feu peut détruire, comme dans la plupart des quartz noirs; quelquefois ce sont des principes organiques, comme dans la cornaline, qui doit en grande partie sa couleur rouge à des globules organisés qu'on y voit quelquefois dispersés isolément.

Les couleurs accidentelles ne sont pas toujours uniformes, comme les couleurs propres; d'une part, elles varient d'intensité et de nuances, de l'autre elles se mélangent fréquemment, de manière que la même masse, le même cristal se colore de diverses manières dans ses différentes parties. On indique souvent les dessins que ces diverses couleurs forment entre elles, par les épithètes *rubanés*, *zonaires*, *tachetés*, *pointillés*, *veinés*, *nuagés*, *dendritiques*, *flambés*, *ruiniformes*, etc. Plusieurs de ces dispositions paraissent tenir aux circonstances qui ont accompagné la formation des corps, et peuvent s'expliquer, comme les marbrures du savon, par plus ou moins de liquidité et de viscosité des matières au moment qui a précédé la consolidation. D'autres sont des résultats de décomposition de l'intérieur à l'extérieur, ou réciproquement. Les dispositions flambées et ruiniformes tiennent à des fissures dirigées dans tous les sens, et dans lesquelles ont pénétré des liquides ou des vapeurs qui ont occasionné des décompositions à plus ou moins de profondeur; le *marbre ruiniforme de Florence* n'est qu'une variété de pierres calcaires prise dans le voisinage des fentes, par lesquelles s'échappent les vapeurs qui constituent le phénomène des *fumarolles*. (Voy. *Géologie*.)

§ 106. **Iris superficiels.** — Il y a des couleurs accidentelles qui n'existent en réalité qu'à la surface des corps. Souvent elles tiennent à des pellicules minces de matières étrangères qui y sont déposées; ce qui a lieu particulièrement pour certains minerais de fer qui présentent soit sur leurs cristaux (fer oligiste de l'île d'Elbe), soit sur les stalactites, des teintes irisées, très-vives et plus ou moins variées, que le lavage détruit quelquefois entièrement. Dans d'autres circonstances, ces iris tiennent à l'altération même de la surface, comme il arrive fréquemment dans le *cuivre pyriteux*.

§ 107. **Iris intérieurs.** — Il y a aussi des iris qui se manifestent à l'intérieur des corps, et dont les uns sont dus à des fissures plus

Digitized by Google

ou moins étendues, les autres à des circonstances entièrement inconnues. Parmi ces derniers se trouvent, d'un côté, les beaux iris qui font rechercher l'*opale*; de l'autre, les teintes vives, et variables suivant le plus ou moins d'inclinaison du corps sur la lumière, qui ont fait remarquer la *pierre de Labrador*.

PHOSPHORESCENCE.

§ 108. **Définition.** — Si la phosphorescence, comme diverses expériences semblent l'indiquer, se rapporte à l'électricité, elle nous présente des jeux de lumière comme effet, et peut dès lors être indiquée à la suite des phénomènes optiques. Cette propriété se manifeste par des lueurs plus ou moins vives de diverses couleurs qu'on aperçoit dans l'obscurité, et qu'on provoque dans les minéraux de diverses manières, savoir : par frottement, par percussion ou compression, par élévation de température.

§ 109. **Phosphorescence par frottement.** — Il y a des corps sur lesquels il suffit du plus léger frottement pour en faire jaillir une lueur plus ou moins vive : par exemple, certaines variétés de sulfure de zinc. D'autres, au contraire, ont besoin d'un frottement assez fort, tels que le cristal de roche, la plupart des matières vitreuses, certains marbres, etc., dont il faut souvent frotter avec force deux fragments l'un contre l'autre. Dans ces différents cas, c'est toujours une lumière blanchâtre.

La percussion produit des effets analogues, surtout dans les matières clivables; chaque fissure qu'on produit présente alors une lumière plus ou moins vive pendant quelques instants, et, lorsqu'on les broie dans un mortier, la masse paraît tout en feu.

§ 110. **Phosphorescence par la chaleur.** — La plupart des substances minérales produisent des lueurs phosphoriques plus ou moins vives par l'élévation de température. Il en est qu'on est obligé de chauffer fortement dans des creusets; mais d'autres ne demandent qu'une chaleur rouge sombre, et même beaucoup moins. Parmi ces dernières, la plus remarquable est la fluorine. Il y en a des variétés, rares à la vérité, qui n'ont besoin que de la chaleur de la main; d'autres exigent la température de l'eau bouillante, et le plus grand nombre la chaleur rouge. Les premières présentent, en général, des lueurs verdâtres; les autres des couleurs très-variées. Il est à remarquer que les fragments de ces matières, soumis à une température rouge, perdent leurs couleurs naturelles, et en même temps la propriété d'être phosphorescents à des températures plus basses. Lorsque ces matières sont devenues blanches par l'effet d'une certaine température,

Digitized by Google

elles ne donnent plus que des lueurs blanches à des températures plus élevées.

La phosphorescence par la chaleur ne paraît avoir aucun rapport avec la phosphorescence par le frottement; celle-ci se conserve toujours, quoique l'autre ait été perdue. L'état des surfaces influe considérablement sur la production des phénomènes. Un cristal de fluorine limpide qui n'est pas phosphorescent le devient lorsqu'on use ses faces sur des grès et qu'on l'expose alors sur une plaque échauffée pendant quelques secondes. Généralement les cristaux dont les faces naturelles sont vives et brillantes ne sont pas phosphorescents, et le deviennent au contraire quand les surfaces sont dépolies ou lorsqu'on les a brisés en fragments. Il est remarquable aussi que souvent ils deviennent phosphorescents lorsqu'on les expose sur la plaque chaude par des faces secondaires, tandis qu'ils ne le sont pas lorsqu'on les place sur les faces primitives. Le diamant acquiert la phosphorescence lorsqu'il est poli et n'en donne point lorsqu'il est en cristaux naturels.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DIVERSES.

POIDS SPÉCIFIQUE.

§ 111. **Définition, applications.** — Sous un volume déterminé, chaque corps a son poids particulier, ou, suivant l'expression reçue, son poids spécifique. Ainsi une balle de plomb pèse plus qu'une bille de marbre de même calibre; celle-ci plus qu'une bille d'ivoire, etc. Une pièce d'or pèse plus qu'une pièce d'argent du même volume; et il en est de même de tous les corps. Il y en a qui sont tellement différents, qu'il suffit d'en prendre deux morceaux à peu près égaux pour les distinguer à l'instant. On ne confondrait jamais, par exemple, le platine avec l'argent, qui pèse moitié moins, ni avec l'étain, qui ne pèse guère que le tiers; l'or ne se confondrait pas davantage avec le cuivre jaune, la barytine avec le calcaire, la topaze avec l'ambre jaune, etc. Cependant il y a un grand nombre de substances qui diffèrent beaucoup moins les unes des autres, et qu'on ne peut dès lors distinguer que par des évaluations suffisamment précises.

Moyens d'évaluation. — Pour évaluer les poids spécifiques des différents corps, il faut en prendre un pour terme de comparaison. On a choisi alors l'eau distillée par la raison que c'est un liquide, et que dès lors il est toujours facile, par le principe d'Archimède, de connaître le poids d'un volume exactement égal à celui de tout autre corps. Il est convenu de ramener les évalua-

Digitized by Google

tions à la température de 18° centigrades ou à 0d. Les nombres indiqués dans les tables expriment donc que les corps auxquels ils se rapportent sont deux fois, trois fois..., vingt fois, etc., plus pesants que l'eau sous le même volume, ou qu'ils pèsent la moitié, le tiers, le quart, etc.

Pour prendre le poids spécifique d'un corps, on le pèse d'abord dans l'air pour avoir son poids réel, puis on le pèse dans l'eau pour connaître la perte qu'il y fait, ce qui donne le poids d'un volume d'eau égal au sien, et on prend le rapport des deux nombres. C'est ainsi qu'ont été construites les tables de poids spécifiques.

Observations. — Il faut remarquer que le poids spécifique varie dans le même corps avec les diverses structures qu'il peut avoir, parce que ces structures déterminent toujours de petits vides accidentels plus ou moins nombreux. Ce sont en général les petits cristaux qui donnent les poids spécifiques les plus forts, les gros étant formés par des groupements qui déterminent également des vides. Pour avoir des poids comparables, le moyen le plus sûr est de réduire toujours ces corps en poudre grossière, qu'il convient d'imbiber d'eau chaude pour dégager les bulles d'air qui pourraient y adhérer. Par ce moyen, on obtient toujours le même poids spécifique, quelle que soit la variété du corps sur lequel on opère.

Pour les usages de la vie, c'est le poids spécifique sous la structure réelle qu'il faut avoir, parce que c'est là ce dont on a besoin pour calculer, par exemple, le poids d'un volume déterminé d'un corps qu'on doit employer pour une construction. Dans ce cas, si le corps est susceptible de s'imbiber d'eau, il faut le peser après l'imbibition complète, pour reconnaître le poids de l'eau dont il a été pénétré, et ajouter ce poids à la perte observée.

ÉLASTICITÉ.

§ 112. **Définition.** — Beaucoup de substances minérales sont *élastiques*, c'est-à-dire que leurs molécules ont la propriété de se déplacer momentanément et de revenir bientôt à leurs premières positions. Cette propriété est l'inverse de la *ductilité*, où les molécules, une fois déplacées, restent d'une manière permanente dans les positions nouvelles qu'on leur a fait prendre : c'est ce qu'on remarque particulièrement dans les métaux, qu'on peut, par cela même, forger, laminer, étirer en fil à volonte.

L'élasticité se manifeste surtout dans les lames ou les plaques de certains corps, qui peuvent être plus ou moins courbées, et

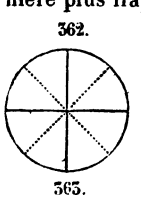
Digitized by Google

qui reviennent ensuite à leur état naturel. Cette propriété les distingue de beaucoup d'autres qui sont simplement *flexibles* et qui conservent la courbure qu'on leur a donnée artificiellement.

La flexibilité opposée à la *rigidité*, qu'elle soit ou non accompagnée d'élasticité, se fait surtout remarquer dans les substances qui se divisent naturellement en lames, ou qui se trouvent en filaments très-déliés; elle se manifeste à un très-haut degré dans les matières qu'on nomme *asbeste* ou *amiante*, qui ne sont que des assemblages de fibres déliées et peu adhérentes, qu'on observe dans différentes substances, § 79. Il y en a des variétés qui sont aussi souples que de l'étoupe de soie.

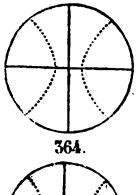
§ 113. **Axes d'élasticité.** — Ce qui est surtout remarquable dans les corps cristallisés relativement à l'élasticité, c'est que cette propriété n'est pas la même dans toutes les directions, et qu'il y a des lignes de *maximum* et de *minimum*, qu'on nomme axes d'élasticité. Cette circonstance s'est manifestée d'abord par les variations de température; car M. Mitscherlich a fait voir depuis longtemps que les inclinaisons mutuelles des faces d'un cristal qui n'appartient pas au système cubique présentent alors des différences sensibles, ce qui ne peut provenir que de l'inégalité de dilatation en différents sens. On s'en aperçoit encore d'une manière plus frappante par les modes de vibration que présentent les plaques taillées en différents sens dans un cristal, comme il résulte des expériences de Savart.

362.



Une lame taillée perpendiculairement à l'axe d'un rhomboèdre donne deux modes de lignes nodales, composés chacun de deux lignes droites rectangulaires, comme fig. 362, qui produisent sensiblement le même son.

363.



Une lame taillée parallèlement aux faces produit aussi deux systèmes de lignes nodales, mais alors l'un est rectangulaire et l'autre est hyperbolique, fig. 363. C'est le système rectangulaire qui donne en ce cas le son le plus grave.

364.

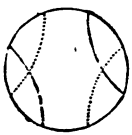
Si on taille une lame sur un des angles solides latéraux, parallèlement aux faces d'un rhomboèdre inverse du précédent, § 25, 4°, on en obtient aussi deux systèmes nodaux, l'un rectangulaire, l'autre hyperbolique; mais d'un côté les sommets de l'hyperbole sont plus écartés que les précédents, fig. 364, et de l'autre le système rectangulaire donne le son le plus aigu.

Digitized by Google

Lorsque la lame taillée sur l'angle est parallèle à l'axe, il se présente encore dans les lignes nodales un système rectangulaire et un système hyperbolique ; mais c'est le premier qui donne le son le plus élevé.

Enfin, si l'on taille les lames sur les arêtes latérales et parallèlement à l'axe, elles présentent deux systèmes de lignes nodales hyperboliques, fig. 365, qui donnent des sons différents.

365.



Application. — Ces expériences présentent déjà quelque utilité à la cristallographie. Lorsqu'une substance rhomboédrique n'est pas clivable, il est impossible de distinguer soit les deux rhomboèdres inverses identiques qu'elle peut présenter, § 25, 4°, soit les deux sortes de prismes hexagones dont elle est susceptible, § 27. Or il sera toujours facile de reconnaître ces solides en taillant des plaques parallèlement à leurs faces et en les faisant vibrer: car, pour le rhomboèdre direct, le système nodal rectangulaire donne le son le plus grave, et, dans le rhomboèdre inverse, il donne le son le plus aigu. Le prisme produit sur les angles donne un système rectangulaire et un système hyperbolique, et l'autre, au contraire, produit deux systèmes hyperboliques.

DURETÉ.

§ 114. **Définition.** — Dans les usages de la vie, on dit qu'un corps est dur, tantôt parce qu'il résiste à l'action du choc, tantôt par opposition à *mou* ou *flexible*, ou enfin parce qu'on ne peut l'entamer avec un instrument tranchant. En minéralogie, on entend par *dureté* le plus ou moins de résistance qu'un corps oppose à être entamé, rayé ou usé par un autre corps. C'est sous ce rapport que le diamant est le corps le plus dur que l'on connaisse, parce qu'il raye ou use tous les corps, et n'est rayé ou usé par aucun : aussi faut-il employer sa propre poussière pour le tailler et le polir. Il ne faudrait pas croire pour cela qu'il résistât de même au choc, car il est, au contraire, extrêmement fragile.

§ 115. **Rapport avec l'arrangement moléculaire.** — La dureté a beaucoup de rapport avec la forme et l'arrangement des molécules. Dans un même cristal, elle n'est pas exactement la même dans tous les sens. Certaines faces se rayent plus facilement que d'autres, et certains angles solides possèdent à un plus haut degré la propriété de rayer tel ou tel corps. Des variétés cristallisées d'un corps ne sont pas comparables à celles qui sont formées par

Digitized by Google

agrégation confuse. La dureté n'est pas comparable non plus dans les cas de dimorphisme; ainsi l'aragonite raye fortement le carbonate de chaux ordinaire et n'en est pas rayé; de même l'acier trempé raye l'acier recuit et offre une résistance beaucoup plus considérable à tous les corps par lesquels on cherche à l'user.

§ 116. **Emploi du caractère.** — On se sert souvent de la dureté pour distinguer différents corps : c'est ainsi qu'on reconnaît le diamant, qui raye tous les corps, le rubis et le saphir, qui les rayent aussi et ne sont rayés que par le premier; de même on distingue clairement les pierres précieuses des verres colorés par lesquels on les imite; car toutes rayent le verre et n'en sont pas rayées : le carbonate de chaux cristallisé ne peut se confondre avec le gypse, que l'ongle même raye avec facilité. Cependant la distinction n'est bien apparente que pour quelques extrêmes, et l'on ne connaît pas encore de moyens de l'évaluer pour des corps très-rapprochés. On a pris, pour y parvenir, dix substances de plus en plus dures pour termes de comparaison, savoir : 1 le talc, 2 le gypse, 3 le calcaire, 4 le fluor, 5 l'apatite, 6 le feldspath, 7 le quartz, 8 la topaze, 9 le corindon, 10 le diamant, et l'on indique souvent alors la dureté d'un corps par ces nombres ou par les intermédiaires : c'est ainsi que la dureté de l'émeraude est exprimée par 7-8, ce qui la place, sous ce rapport, entre le quartz et la topaze.

§ 117. **Choc du briquet.** — On donne quelquefois aussi comme caractère la propriété de faire feu avec le briquet. C'est un effet composé de la dureté et de la ténacité : de la dureté, parce qu'il faut que la substance puisse entamer l'acier, dont la parcelle, lancée rapidement dans l'air, s'enflamme et produit l'étincelle; de la ténacité, parce qu'il faut que la pierre résiste suffisamment au choc. Le diamant ne produit pas d'étincelles, parce que, s'il est plus dur que les autres corps, il est trop fragile; le cristal de roche ne donne pas autant d'étincelles que la pierre à fusil, qui est de même nature, parce qu'il a moins de ténacité.

FACULTÉ CONDUCTRICE.

§ 118. **Définition.** — Les divers minéraux ont pour la chaleur des facultés conductrices fort différentes; de là résulte que, placés dans la main, ils produisent des impressions de froid plus ou moins marquées, dont on peut souvent se servir pour les distinguer. On ne confondra jamais, par exemple, le cristal de roche et le verre : le premier produisant une impression de froid qui se prolonge, le second une sensation moins vive et de plus courte

Digitized by Google

durée. Le diamant, le saphir ou le rubis, la topaze, les carbonates et sulfates de chaux, le succin, les bitumes, offrent sous ce rapport des différences très-tranchées qui ne peuvent manquer de les faire reconnaître. Avec de l'habitude, on parvient par ce moyen, auquel se joint alors le poids spécifique, à distinguer un grand nombre de substances sans même les regarder.

§ 119. **Axes de conductibilité.** — M. Senarmont a fait voir que, dans les corps cristallisés, la conductibilité n'est pas la même dans tous les sens, et qu'elle est en rapport avec les axes de symétrie cristalline. Pour le démontrer, il faut tailler des plaques en différents sens dans le cristal, et les percer perpendiculairement d'un petit trou. On enduit ces plaques d'une couche de cire vierge, puis on les enfile à l'extrémité d'un fil légèrement conique, courbé à angle droit, dont on chauffe la partie horizontale à la flamme d'une bougie. On voit bientôt la cire se fondre autour du fil, puis s'en écarter successivement en formant soit un cercle, si la conductibilité est la même dans tous les sens, soit une ellipse dans le cas contraire.

Dans le système cubique toutes les plaques donnent un cercle, en quelque sens qu'elles soient taillées; de sorte que la conductibilité est la même dans tous les sens.

Dans le système prismatique carré, ou dans le système rhomboédrique, les plaques taillées perpendiculairement à l'axe donnent un cercle, de sorte que la conductibilité est la même tout autour de l'axe de symétrie, mais les plaques parallèles à l'axe donnent des ellipses, qui indiquent une plus grande conductibilité dans ce sens.

Dans les autres systèmes, toutes les plaques donnent des ellipses, d'où il suit qu'il y a trois sens de conductibilité.

On voit que par ces expériences on peut reconnaître le système de cristallisation d'un corps aussi bien que par les propriétés optiques, §§ 90 à 96. Il y a plus, si l'on vient à pouvoir mesurer exactement les axes des ellipses, on aura par cela même les dimensions relatives des formes primitives, qui jusqu'ici sont fixées d'une manière un peu arbitraire, §§ 43, 75.

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

§ 120. **Peu d'importance de l'électricité.** — Toutes les substances minérales sont susceptibles de s'électriser, soit par l'un, soit par l'autre des moyens connus, et elles diffèrent en général les unes des autres, soit sous le rapport de la faculté conductrice, soit sous celui de l'espèce d'électricité acquise, ou du plus ou moins de

Digitized by Google

facilité à l'acquérir, et enfin du temps pendant lequel elles conservent cet état.

Cependant ces caractères ont peu d'importance par suite de la difficulté que l'on trouve aujourd'hui à expliquer les nombreuses exceptions qu'ils présentent. Par le frottement, les variétés cristallines ne prennent pas toujours la même espèce d'électricité que celles qui sont produites par agrégations irrégulières. Il arrive encore que deux cristaux de la même substance prennent des électricités différentes, et qu'un même cristal acquiert par le frottement de l'une de ces faces une espèce d'électricité, tandis que par le frottement de l'autre il acquiert une électricité opposée.

Quant à la facilité à s'électriser, il y a de grandes différences dans les corps; il en est, comme le spath d'Islande et la topaze, qu'il ne faut pour ainsi dire que toucher, tandis que d'autres ne s'électrisent qu'avec la plus grande difficulté. Ceux que nous venons de citer conservent la vertu électrique pendant plusieurs jours, et d'autres, comme le quartz et le diamant, la perdent pour ainsi dire aussitôt. Ces faits seraient sans doute fort importants, mais ils présentent des exceptions analogues aux précédentes.

On ignore jusqu'à présent à quoi tiennent toutes ces différences; seulement il est à présumer qu'elles sont en rapport avec l'état des surfaces qu'on ne sait pas suffisamment apprécier, ou en général avec l'état moléculaire du corps.

§ 121. **Électricité polaire.** — Un des phénomènes les plus remarquables est la propriété qu'on trouve dans certaines substances de manifester l'état électrique par une température uniformément croissante, en présentant alors une espèce d'électricité à l'une des extrémités et une espèce différente à l'autre, ou, comme l'on dit, en offrant des pôles électriques. Une température uniformément décroissante détermine les mêmes effets; mais alors les pôles se trouvent renversés.

Ce qui est remarquable, c'est la relation de ces phénomènes avec les circonstances cristallographiques. Les substances qui présentent l'électricité polaire (boracite, tourmaline, etc.) offrent cette particularité que les deux pôles, qui sont géométriquement identiques, présentent des modifications tout à fait différentes, § 45. Cette singularité conduit à admettre des constitutions moléculaires particulières qui sont peut-être la cause du phénomène.

§ 122. **Électroscope.** — Malgré le peu d'importance de la plupart des phénomènes électriques, rappelons cependant les moyens d'observation. Pour reconnaître si un corps est électrisé, il suffit de le présenter à un corps mobile à l'état naturel, qui est alors

Digitized by Google

attiré. Pour reconnaître l'espèce d'électricité, il faut donner au corps mobile une électricité connue : si alors le corps électrisé exerce une répulsion, il a la même électricité que celle de l'instrument; s'il exerce une attraction, il possède l'électricité contraire.

§ 123. **Magnétisme.** — L'action sur le barreau aimanté est extrêmement limitée, car jusqu'ici il n'y a que le fer qui se trouve dans la nature à des états où il puisse produire quelque effet. A l'un de ces états il agit purement par attraction et de la même manière sur l'un et l'autre pôle : il est attirable. Sous les autres états (oxyde noir et sulfure magnétique), le même point du minéral agit par attraction sur l'un des pôles et par répulsion sur l'autre; c'est-à-dire que le minéral a lui-même des pôles.

ONCTUOSITÉ, APRETÉ.

§ 124. Il existe des corps qui présentent au toucher une onctuosité remarquable, très-développée surtout dans la substance nommée *stéatite*, dont, à cause de cela, on emploie la poussière pour faire glisser les bottes : elle se retrouve à des degrés moindres dans beaucoup d'autres matières, telles que le *graphite*, dont on fait les crayons dits de mine de plomb, dans diverses espèces d'argiles, etc.; cette propriété varie peu dans la même substance, et, avec l'habitude, elle peut servir à reconnaître différents corps.

Il y a aussi beaucoup de corps qui, soit en masse, soit en poussière, sont au contraire *âpres au toucher*, et que dès lors il est impossible de confondre avec les précédents.

On distingue comme intermédiaires des corps *maigres au toucher*. Ce sont le plus ordinairement des matières avides d'eau qui enlèvent à l'instant le peu d'humidité qui se trouve sur les doigts, et dès lors produisent une rudesse particulière. Ces matières se distinguent quelquefois par le *happement* à la langue, sorte d'adhérence qu'elles contractent avec l'organe en s'emparant rapidement de son humidité naturelle.

ODEUR, SAVEUR, DÉLIQUESCENCE, EFFLORESCENCE.

§ 125. **Odeurs propres.** — Les odeurs sont plus fréquentes et plus nombreuses dans le règne minéral qu'on ne le pense habituellement; il y a un grand nombre de corps qu'on peut distinguer par ce moyen, qui nous sera surtout très-utile dans les essais chimiques. Il y a des odeurs propres et des odeurs accidentelles : les unes et les autres se présentent tantôt immédiatement, tantôt par frottement, par élévation de température ou par combustion.

Digitized by Google

Les odeurs propres immédiates sont fournies par le naphte et le pétrole, le chlore, l'acide sulfureux, et même par certains métaux qui se distinguent facilement par ce moyen, comme l'étain, le fer et le cuivre. Beaucoup d'autres corps produisent une odeur caractéristique par la combustion, comme le soufre et les sulfures, le sélénium, qui produit une odeur de raifort, l'arsenic, qui donne une odeur d'ail, le succin et quelques matières résineuses qui ont des odeurs tantôt agréables, tantôt fétides, les bitumes, etc.

Le frottement produit aussi le dégagement de certaines odeurs, comme dans quelques variétés de succins, dans le quartz et toutes les matières siliceuses, qui, frottées l'une contre l'autre, produisent toujours une odeur caractéristique. L'insufflation développe aussi diverses odeurs sur quelques substances terreuses; on ne confondra pas, par exemple, au moyen de ce caractère, la craie, le tripoli, la magnésie terreuse, la terre de Cologne, etc.

§ 126. **Odeurs accidentelles.** — Beaucoup de matières offrent des odeurs qui sont dues à des corps étrangers mélangés ou retenus dans leurs pores. Il en est qui se dégagent aussitôt que la matière est sortie du sein de la terre et qui disparaissent après un certain temps; mais le plus souvent c'est par le frottement qu'elles se manifestent. Beaucoup de pierres calcaires dégagent alors une odeur fétide, bitumineuse et animale, comme cela a lieu dans l'espèce de marbre nommé *petit granite*, dont la plupart de nos meubles sont aujourd'hui couverts. Dans quelques autres matières, c'est une odeur d'hydrogène sulfuré, et même d'hydrogène arsénié. Ces odeurs sont souvent attribuées à la décomposition des matières organiques qui ont été enfouies dans le sein de la terre : mais il est à remarquer qu'il s'en produit d'analogues dans des substances, même cristallines, qui se trouvent dans les terrains de cristallisation, vraisemblablement produits par le feu, et que dès lors elles y sont dues à d'autres causes.

§ 127. **Saveurs.** — Il ne peut exister de saveur que dans des matières solubles, dont il ne se trouve qu'un très-petit nombre dans la nature, parce qu'elles sont tôt ou tard dissoutes par les eaux. Ainsi ce caractère, si utile pour la distinction des sels artificiels, devient peu important pour la minéralogie. Nous nous contenterons d'indiquer la saveur acide que certaines eaux empruntent aux acides sulfurique et hydrochlorique, la saveur salée que présente le sel commun, la saveur astringente des sulfates d'alumine, de fer, de zinc, de cuivre, qu'on rencontre çà et là en efflorescence, et la saveur alcaline du sous-carbonate de soude.

§ 128. **Déliquescence.** — On nomme ainsi la propriété que pos-

Digitized by Google

sèdent certains corps d'attirer l'humidité de l'atmosphère et de se dissoudre à mesure dans l'eau qui en résulte. Le sel commun est légèrement déliquescent; mais il y a beaucoup de sels qui le sont fortement, et c'est sans doute pour cela qu'on ne les trouve pas à la surface de la terre : ils sont tous entraînés dans les mers, où la plupart se trouvent à l'état de chlorures.

Efflorescence. — C'est la propriété qu'on trouve dans d'autres corps de tomber en poussière. Souvent elle est due à la perte d'une certaine quantité d'eau en proportion définie, et par conséquent à un changement chimique, ce qui a lieu, par exemple, dans les carbonates, sulfates et phosphates de soude; mais il y a des cas où il n'en est pas ainsi, et où le corps tombe en poussière sans rien perdre de sa composition. On suppose qu'alors le phénomène est dû à un changement dans l'arrangement géométrique des molécules, en se fondant sur ce que les sels soumis à des cristallisations forcées ne peuvent conserver longtemps leur forme, et que plusieurs autres, soumis à une température plus ou moins élevée, présentent dans leur intérieur des fissures dirigées sous un nouveau système de cristallisation, qui en diminuent la cohésion et permettent bientôt la réduction en poussière, §§ 48, 49.

COMPOSITION CHIMIQUE DES MINÉRAUX.

§ 129. Quelques-uns des corps que l'on considère comme simples, § 2, se trouvent assez fréquemment à l'état libre dans la nature, ou, suivant l'expression reçue, à l'*état natif*. Tels sont :

Antimoine.	Carbone.	Oxygène.
Argent.	Chlore.	Palladium.
Arsenic.	Cuivre.	Platine.
Azote.	Mercure.	Soufre.
Bismuth.	Or.	Tellure.

Tous les autres n'ont jamais été observés qu'à l'état de combinaison, deux à deux, trois à trois, etc.; et c'est par l'art qu'on est parvenu à les obtenir à l'état de pureté. Ces combinaisons extrêmement variées constituent un très-grand nombre de corps, dont la nature est en général ce qu'il y a de plus important à connaître pour la distinction des minéraux.

Il y a trois parties essentielles dans les recherches qui sont nécessaires pour arriver à cette connaissance :

1° L'*essai chimique*, qui conduit à connaître la nature et le nombre des éléments qui constituent un corps;

Digitized by Google

2° L'*analyse*, qui a pour objet de déterminer en poids les quantités relatives de chacun des corps;

3° La *discussion des analyses*, qui, en partant des lois générales reconnues dans la combinaison des corps, a pour objet d'éliminer ce qu'il peut y avoir d'accidentel.

§ 130. **Corps électro-positifs et électro-négatifs.** — Rappelons les principes les plus généraux de la composition des corps. Lorsque, par l'action de la pile voltaïque, on vient de détruire une combinaison, on observe toujours que l'un des composants, soit simple, soit même formé de plusieurs éléments, se porte au pôle positif, et l'autre, au contraire, au pôle négatif : d'où l'on conclut que le premier possède par lui-même l'électricité négative, en vertu de laquelle il se trouve attiré et fixé au pôle positif, tandis que l'autre possède l'électricité positive. D'après cela, on a nommé les premiers corps *électro-négatifs*, et les autres corps *électro-positifs*. La combinaison a été regardée comme le résultat de cette opposition, et l'on a conçu qu'il y avait combinaison entre deux corps toutes les fois que l'un pouvait être électro-négatif par rapport à l'autre, qui est alors électro-positif.

Les matières éminemment électro-négatives sont, parmi les corps simples : l'*oxygène*, le *chlore*, le *brome*, l'*iode*, le *fluor*, l'*arsenic*, le *sélénium*, l'*antimoine*, le *tellure*, le *mercure*, etc., dont le premier est le plus énergique. Parmi les corps oxygénés, ceux qui renferment le plus d'oxygène sont le plus souvent électro-négatifs par rapport à ceux qui en renferment le moins; ceux qui sont doués des propriétés acides sont ordinairement les plus énergiques et se combinent avec la plupart des autres.

D'après cela, on distingue toujours deux sortes de corps dans une combinaison, quelque compliquée qu'elle soit : les *corps électro-négatifs*, qu'on nomme souvent *acides* dans les corps oxygénés; et les *corps électro-positifs*, qu'on nomme généralement *bases*.

ESSAIS CHIMIQUES DES MINÉRAUX.

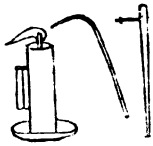
§ 131. **Observations générales.** — Les opérations nécessaires pour reconnaître la nature des corps peuvent toujours se faire sur des parcelles infiniment petites, de manière à n'avoir besoin que d'une petite table pour tout laboratoire, à n'employer qu'une goutte d'acide quand cet agent est nécessaire, à évaporer en quelques minutes les liquides surabondants, sans en redouter les vapeurs. Sous ces conditions, les essais les plus compliqués peuvent

Digitized by Google

se faire partout et dans un temps très-court, que l'habitude de distinguer les minéraux peut même infiniment réduire. Les instruments, les vases, les réactifs, se réduisent alors à de si petites proportions, qu'on peut avec facilité les transporter en voyage.

§ 132. **Instruments.** — Pour opérer la fusion des corps, avec ou sans réactifs, on se sert du *chalumeau*, ou tube courbé employé par beaucoup d'ouvriers pour souder les métaux; on en dirige la pointe sur la flamme d'une lampe ou d'une chandelle, et, en soufflant, on projette un dard de flamme extrêmement actif, fig. 366, devant lequel un grand nombre de corps peuvent se fondre. Le chalumeau, formé d'un tube conique de fer-blanc et d'un petit tube transverse placé à une certaine distance du fond, fig. 367, est très-convenable, parce que s'il s'introduit un peu de salive, elle n'est pas projetée sur la pièce d'essai : en renversant le tube, elle s'égoutte facilement.

366. 367.



368.

Pour chandelier, on peut avoir un tube de fer-blanc rempli par un ressort à boudin, fig. 368, au-dessus duquel on place un bout de chandelle dont la mèche vient sortir par l'ouverture. La partie supérieure de ce tube doit présenter une cavité qu'on remplit de suif destiné à préserver la chandelle d'une trop grande chaleur.

Remarquons qu'en chauffant un corps à l'extrémité du jet de flamme et au contact de l'air, on l'oxyde de plus en plus s'il en est susceptible; en le chauffant, au contraire, dans l'intérieur de la flamme, dont il est alors partout entouré, le corps se désoxyde par l'action de l'hydrogène carboné. Ces deux manières d'opérer se distinguent, la première sous le nom de *feu d'oxydation*, la seconde sous le nom de *feu de réduction*.

369.

Pour soumettre un corps à l'action du feu, on le place quelquefois tout simplement à l'extrémité d'une pince, fig. 369, formée d'un fil de fer tourné de manière à faire ressort, et dont les bouts sont terminés par des fils de platine. Plus souvent encore on met ce corps sur un *charbon*, ou bien sur une feuille mince de platine qu'on emboutit en forme de capsule à une de ses extrémités, pour opérer plus facilement avec les réactifs. Quelquefois alors on emploie de très-petites coupelles, qu'on place dans un trou du charbon, et sur lesquelles on met la matière d'essai

Digitized by Google

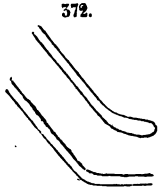
avec le fondant. Ce dernier procédé a l'avantage de pouvoir conserver le résultat de l'essai en collant la coupelle sur un carton.

370.

Quand il s'agit d'évaporer des liquides, on se sert de très-petites capsules minces de porcelaine, ou mieux de platine, qu'on place sur un support en fil de fer courbé à angle droit et terminé en anneau, qui peut s'adapter au chandelier par sa portion verticale, fig. 370.

371.

Si l'on a besoin de traiter une substance à chaud par un acide, on emploie, pour éviter une évaporation trop rapide, un *petit matras* en verre soufflé, fig. 371, ou simplement un tube droit fermé à l'extrémité; on soutient ce tube auprès de la flamme de la chandelle au moyen d'une pince de fil de fer fixé à un bouchon, *a*, qu'on enfile sur la branche du support précédent.

372. 

Pour récolter les matières susceptibles de se sublimer par la chaleur, on emploie des tubes courbés et fermés à l'extrémité la plus courte, fig. 372, où l'on place la pièce d'essai; on chauffe alors cette partie plus ou moins, et la matière volatilisée se condense à la partie supérieure qu'on tient à la main.

373.

Souvent les matières renfermées dans le corps ne sont pas immédiatement volatiles, mais peuvent le devenir par l'oxydation; on emploie alors un tube ouvert, fig. 373, à l'extrémité inférieure duquel on place le corps, et on le chauffe au feu d'oxydation. La matière volatile formée se porte alors vers la partie supérieure, s'y dépose ou se fait reconnaître par son odeur.

374.

Quand on a indispensablement besoin de filtrer, ce qu'on doit en général éviter, on se sert d'un très-petit entonnoir de verre soufflé dans lequel on place un cornet de papier. On soutient l'entonnoir sur un fil de fer coudé et terminé en anneau, qu'on fixe dans une plaque de liége qui sert de support à la capsule où l'on reçoit le liquide clair, fig. 374.

375.

On évite presque toujours la filtration en tirant le liquide à clair; pour cela, on met dans la capsule qui le renferme une petite bande de papier joseph, *a*, fig. 375, qui fait alors l'office de siphon. Quand on veut laver un précipité, on place une capsule d'eau distillée au-dessus de la première et on établit l'écoulement par un autre siphon.

Digitized by Google

Joignons à ces petits instruments un très-petit verre à patte, dont on a rarement besoin, quelques verres de montre, des lames de verre, de cuivre, d'étain, de zinc et de fer, dont nous verrons plus tard l'usage; enfin quelques petits tubes en verre plein, pour agiter. Un petit marteau n'est pas inutile; mais on peut toujours y suppléer; il en est de même d'un petit mortier d'agate pour pulvériser les corps durs.

On se procurera enfin la série des réactifs dont nous allons nous servir et dont la plupart peuvent être pris, si l'on veut, à l'état solide.

§ 133. **Conduite générale des essais.** — Pour arriver le plus promptement possible à la connaissance de la composition d'un corps, il est nécessaire de suivre une marche régulière dans les essais qu'il faut tenter. Parmi toutes les méthodes qu'on peut imaginer, j'ai préféré celle qui consiste à chercher d'abord la nature du corps électro-négatif que peut renfermer la substance, et à procéder ensuite à la recherche des bases. Je ne me suis pas borné uniquement à employer la voie sèche ou la voie humide; mais j'ai mêlé ces deux moyens d'exploration, pour lever les incertitudes de l'un ou de l'autre et éviter des longueurs ou des difficultés.

On commence souvent par essayer si le corps proposé est fusible ou infusible, ce qui suffit quelquefois pour se décider entre quelques substances à l'idée desquelles on a été conduit par la première vue du minéral. C'est ainsi, par exemple, qu'on peut se décider entre un rubis et un grenat, le premier étant infusible, le second fusible; ou bien entre le cristal de roche et l'émeraude incolore, qui sont dans le même cas; entre le platine et l'argent, etc. Mais cet essai ne dit rien de positif relativement à la nature du corps, qu'il faut examiner plus attentivement.

Les réactifs doivent être au plus grand degré de pureté possible, et il faut avoir la plus grande attention à ne pas les salir, soit en plaçant les bouchons au hasard sur des corps qu'ils pourraient enlever, soit en portant les tubes, dont on se sert pour les prendre, d'un flacon dans l'autre, sans les avoir exactement nettoyés. Pour éviter ce dernier inconvénient, chaque bocal ou chaque flacon doit avoir son tube particulier, et fixé dans le bouchon même lorsque celui-ci est en liége; il faut alors avoir soin de remettre chaque bouchon à sa vraie place, et pour cela il convient de tout numéroter. On ne doit jamais toucher les liqueurs d'essai avec les tubes, et il faut y faire simplement tomber les réactifs.

Nous avons fait faire, pour renfermer les acides et les réactifs

Digitized by Google

liquides, des flacons terminés en pointe, avec une ouverture capillaire, qui se recouvrent par un capuchon de verre sur lequel ils sont rodés, fig. 376. Pour les remplir, il suffit de les chauffer et de plonger ensuite le bout dans le liquide. Pour s'en servir, on les prend à la main, dont la chaleur suffit pour dilater l'air et faire tomber une goutte de liquide en les renversant. Ces flacons ne laissent dégager aucune vapeur lorsqu'on a soin de graisser le capuchon par en bas *.

376.

RECHERCHE DES CORPS ÉLECTRO-NÉGATIFS.

§ 134. **Succession d'essais.** — Il y a sept espèces d'essais principaux à faire pour parvenir à reconnaître la nature des principes électro-négatifs qui peuvent se rencontrer dans un composé naturel, d'après les connaissances que nous avons, savoir :

1° Chauffer le corps dans le tube fermé; on reconnaît alors:

Hydrates. . . . . par des gouttelettes d'eau **.
Hydrargures. . . . . par des gouttelettes de mercure.
Oxyde d'antimoine. . . . par un sublimé blanc non cristallin, qu'on peut faire volatiliser, en chauffant, d'un point à l'autre du tube.

2° Chauffer dans le tube ouvert pour reconnaître ce que l'oxydation peut produire; on distingue alors :

Séléniures. . . . . par l'odeur de chou pourri.
Arsénic et arséniures. . . par l'odeur d'ail.
Antimoine et antimoniures. . . . . par les vapeurs blanches qui produisent un sublimé volatilisable d'un point à l'autre du tube.
Tellure et telluriures. . . par une vapeur blanche qui, après s'être déposée, peut être fondue sur un tube en gouttelettes limpides par la chaleur.
Soufre et sulfures. . . . par l'odeur de soufre brûlé ***.

3° Chauffer dans le tube fermé, après avoir réduit le minéral

---

* On trouve des boîtes d'ustensiles et de réactifs chez MM. Boyveau et Pelletier, rue des Francs-Bourgeois-Saint-Michel, n° 8.

** On peut essayer cette eau en introduisant dans le tube une bandelette de papier réactif. Le papier de tournesol, en rougissant, indique un acide; le papier de Fernambouc, en prenant une belle couleur jaune, indique particulièrement l'acide hydrofluorique. Le curcuma rougit avec les alcalis.

*** Certains sulfures ne produisent pas cet effet, et ne sont dès lors reconnus que par le quatrième essai.

Digitized by Google

en poudre et l'avoir mêlé avec du charbon, dont l'effet est de désoxyder certains corps; on reconnaîtra :

Acide arsénieux..	par l'odeur d'ail.
Arsénites et arséniates.	
Acide sulfurique.	par l'odeur de soufre brûlé.
Quelques sulfates.. . . .	par la saveur d'œuf pourri.
Azotates..	parce qu'ils fusent (produisent l'effet d'une fusée) pendant l'opération *.

4° Chauffer le corps avec un mélange de charbon et de sous-carbonate de soude, pour opérer une désoxydation et une nouvelle combinaison; on distingue dans ce cas :

Sulfates et sulfures. . .	par la saveur d'œuf pourri du résidu, ou le dégagement d'hydrogène sulfuré par l'action de l'eau acidulée sur ce résidu **.

5° Faire agir l'acide azotique, au moyen duquel on reconnaît :

Carbonates.	par l'effervescence qui se produit soit à froid, soit à chaud.
Quelques borates.	par un résidu blanc qui donne à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte.
Quelques silicates.. . . .	par la production d'une gelée qui n'est qu'un précipité gélatineux de silice.

6° Fondre le corps avec le double phosphate de soude et d'ammoniaque ***, pour reconnaître :

Fluor.	par des vapeurs qui corrodent le verre et jaunissent le papier de Fernambouc (si l'on opère dans le tube ouvert), ou par un anneau de corrosion autour de la pièce d'essai (dans le tube fermé).
Chlore..	par une flamme bleu pourpré qui se produit en fondant d'abord le double sel avec de l'oxyde de cuivre, puis, ajoutant la matière d'essai.
Brome.	par une flamme bleue dans le même essai.
Iode.	par une flamme verte dans le même essai.

7° Chauffer, et quelquefois fondre réellement, avec le sous-carbonate de soude, pour décomposer certains sels par un échange

---

* Quelques oxydes sont réduits dans ce traitement, mais nous ne nous servirons pas de ce caractère.

** Les sulfures produisent le même effet sans addition de charbon.

*** L'ammoniaque est alors dégagée, et l'acide phosphorique, mis à nu, réagit sur le corps. Il y a ici essai par la voie sèche au moyen d'un acide.

Digitized by Google

de base. L'acide du minéral se porte sur la soude et forme un nouveau sel, qui est soluble ou insoluble dans l'eau.

S'il se fait un sel soluble, on ajoute un peu d'acide à la solution pour décomposer le sous-carbonate de soude surabondant, et on reconnaît ensuite :

Acide phosphorique. . . .	si la liqueur précipite en jaune par l'azotate d'argent.
Acide chromique	si elle précipite alors en rouge.
Acide vanadique.	si elle précipite en jaune qui blanchit promptement.
Acides molybdique, tungstique et tantalique. .	si la solution devient bleue sur une lame d'étain *.
Silice (acide silicique). . . .	si la solution, ne bleuissant pas sur une lame d'étain, donne un précipité blanc par l'addition d'un acide, soit immédiatement, soit pendant l'évaporation.

Si le résultat du traitement est insoluble dans l'eau, il peut se dissoudre plus ou moins facilement dans l'acide chlorhydrique, et l'on reconnaît ensuite :

Silice.	si la solution, évaporée et reprise par l'eau, laisse un résidu qui ne donne aucune couleur par la fusion avec le double phosphate.
Acide titanique.	si le résidu de ce traitement donne, avec le double phosphate, un verre bleu violâtre au feu de réduction.
Alumine.	s'il ne se fait pas de résidu, et si la solution donne par l'ammoniaque un précipité floconneux attaquable par la potasse caustique.

§ 135. **Notes sur ces essais.**—Nous réunirons ici quelques observations sur les essais que nous avons indiqués pour la recherche des corps électro-négatifs, et sur quelques autres qu'on pourrait faire :

1° En chauffant dans un tube fermé, on peut reconnaître aussi plusieurs autres corps; savoir :

Séléniures.	par un sublimé rouge.
Arsenic et arséniures .	par un sublimé de petits cristaux métalliques.
Acide arsénieux et arsénites.	par un sublimé de petits cristaux blancs.
Tellure et telluriures. .	par un sublimé gris non cristallin.

* La solution précipite en blanc par un acide, et, en essayant le précipité, on peut distinguer les trois corps. L'acide molybdique produit un verre vert en le fondant avec le double phosphate de soude et d'ammoniaque. L'acide tungstique produit un verre bleu, et l'acide tantalique un verre incolore.

Digitized by Google

Mais ces corps se distinguent plus facilement par le second mode d'essai, § 134.

2° Dans le tube fermé, avec du charbon, on peut reconnaître les acides antimonieux et antimonique, qui donnent alors les caractères de l'oxyde d'antimoine, § 134, 1°.

3° On pourrait faire un essai en chauffant le corps avec l'azotate de potasse, et on découvrirait alors :

Le carbone. . . . . parce que le mélange fuse pendant l'opération.
L'osmium. . . . . parce que la matière donne une vapeur blanche qui a l'odeur du chlore.

4° On pourrait essayer les corps par l'acide sulfurique dans le tube fermé, et on reconnaîtrait alors :

Le fluor. . . . . par des vapeurs incolores qui corrodent le verre.
L'iode. . . . . par les vapeurs violettes qui se dégagent lorsque le corps a été préalablement mêlé avec le peroxyde de manganèse.
Le chlore. . . . . par l'odeur particulière du gaz jaunâtre avec le même mélange.
Le brome. . . . . par les vapeurs rutilantes qui se dégagent avec ce mélange.
L'acide azotique. . . . . par les vapeurs rutilantes qui se dégagent lorsqu'on a ajouté de la limaille de cuivre.

5° Les chromites, traités au feu d'oxydation, produisent les mêmes résultats que les chromates, § 134, 7°. Pour les distinguer, il faut recommencer l'essai dans le tube fermé : la matière obtenue est verte pour le chromite et jaune pour le chromate.

RECHERCHE DES BASES.

§ 136. **Série de ces essais.** — Les essais précédents auront déjà indiqué l'arsenic, l'antimoine et le sélénium, qui servent aussi quelquefois de bases principalement dans les sulfures. Pour les autres corps, il y a six sortes d'essais principaux à faire.

1° Chauffer la substance sur le charbon, au feu de réduction, pour reconnaître s'il y a

Du cadmium. . . . . par l'auréole orangée qui se forme dès le premier coup de feu.

Digitized by Google

2° Chauffer sur la feuille de platine avec le sous-carbonate de soude; on reconnaît alors :

Manganèse. . . . . si la matière fondue est d'un vert bleuâtre.
Chrome. . . . . si la matière devient alternativement vert-pré au feu de réduction, et jaune au feu d'oxydation.

3° Fondre la matière avec le borax, après l'avoir préalablement grillée au feu d'oxydation; on reconnaît alors les moindres traces de

Cobalt. . . . . par la couleur bleue du verre qu'on obtient.

4° Traiter le minéral par l'acide azotique, soit immédiatement, soit après le traitement par le sous-carbonate de soude, § 134, 7°.

Si le corps renferme des matières non oxydées, on s'en aperçoit aussitôt par les vapeurs rutilantes qui se dégagent pendant la solution. Dans ce cas, la liqueur étant très-acide et chaude, s'il se fait un précipité, il dénote la présence du *molybdène*, de l'*antimoine* ou de l'*étain*.

Molybdène. . . . . s'il a les caractères de l'acide molybdique, § 134, 7°.
Antimoine. . . . . s'il a les caractères des oxydes d'antimoine, § 134, 2°
Étain. . . . . si ce précipité ne peut être ni volatilisé, ni fondu.

La solution faite, on y reconnaît facilement les diverses bases :

Bismuth. . . . . si une goutte de la solution projetée dans l'eau la blanchit à l'instant.
Argent. . . . . si une goutte portée sur une lame de cuivre y forme un précipité blanc cristallin métallique.
Mercure. . . . . s'il se fait alors un précipité gris qui se réunit en gouttelettes ou s'amalgame au cuivre, auquel il donne l'éclat de l'argent.
Ce précipité est volatil au feu, et, s'il s'est déposé de l'argent, celui-ci reste seul.
Cuivre. . . . . si la solution laisse précipiter du cuivre sur une lame de fer.
Nickel. . . . . si la liqueur qui a séjourné sur une lame de fer se colore immédiatement en bleu par l'addition de l'ammoniaque.
Zinc. . . . . si la même liqueur donne par l'ammoniaque un précipité qui se redissout en partie par un excès de cet alcali*.

* Le cadmium se précipiterait et se redissoudrait de même; mais d'abord on aurait reconnu sa présence, § 136, 1°, et en outre la potasse et la soude le précipiteraient d'une manière permanente, ce qui n'a pas lieu pour le zinc.

Digitized by Google

Après ces essais, on placera différentes gouttes de la solution primitive sur de petits verres de montre ou sur une lame de verre légèrement graissée; on reconnaîtra alors :

Fer.	si quelques parcelles de ferro-cyanate de potasse déterminent un précipité bleu *.
Plomb, baryte et strontiane.	si quelques parcelles d'un sulfate quelconque déterminent un précipité blanc.
Plomb.	si le précipité noircit par l'addition de quelques parcelles de sulfhydrate de soude.
Baryte.	si le précipité ne noircit pas, et si une goutte de la solution primitive, fortement étendue d'eau, continue encore à précipiter par le sulfate.
Strontiane.	si la solution très-étendue ne précipite plus.
Alumine.	si l'ammoniaque en excès, ajoutée au reste de la liqueur, donne un précipité blanc, floconneux et permanent, qui se dissout dans la potasse caustique (voyez § 137, 2°).
Chaux.	si la liqueur ammoniacale qui surnage précipite immédiatement par l'oxalate d'ammoniaque, même lorsqu'elle est chaude **.
Magnésie.	si le liquide, après s'être éclairci à chaud, se trouble de nouveau en refroidissant.

5° Rechercher les alcalis. Pour reconnaître la potasse, la soude, la lithine, il ne faut avoir employé aucun de ces corps pendant les opérations. Dès lors, si le minéral n'est pas immédiatement attaquable par un acide, il faut le disposer à l'action en le fondant avec le carbonate de baryte.

La solution faite et suffisamment étendue, on ajoute du carbonate d'ammoniaque, qui précipite tout, à l'exception des alcalis. On filtre, on évapore, on calcine au rouge, et, s'il reste quelque chose dans la capsule, c'est un des trois alcalis, savoir :

La potasse.	si la solution de chlorure de platine concentrée, portée sur une partie du résidu, détermine un précipité jaune.

* La plupart des autres métaux se précipitent en même temps, mais la couleur bleue produite par la présence du fer domine toutes les autres.

** La baryte, la strontiane, le cuivre, le nickel, le zinc, pourraient exister dans la liqueur ammoniacale. Il faudrait alors éliminer d'abord les deux premiers corps par un sulfate, et les deux suivants par la potasse : la solution ne renfermerait plus alors que du zinc, qui, par l'addition de l'oxalate, ne précipite que longtemps après la magnésie quand la liqueur s'évapore.

Digitized by Google

La lithine. . . . . si la substance a taché la feuille de platine pendant la calcination, et si une goutte d'ammoniaque étendue sur elle détermine un précipité blanc.

La soude. . . . . si aucun de ces effets ne se produit.

Quand il y a mélange des alcalis, il devient difficile de les distinguer dans ces essais.

Certains sels solubles renferment de l'ammoniaque, dont la présence est facilement reconnue par l'addition de quelques parcelles de potasse caustique qui en dégage des vapeurs.

6° Examiner les corps non attaqués par les moyens précédents. Ces corps sont surtout l'or et le platine, le premier d'une belle couleur jaune, le second de couleur plombée. L'un et l'autre sont attaqués par l'*eau régale*. La solution d'or précipite en pourpre par le protochlorure d'étain; celle de platine précipite en jaune par un sel de potasse.

Le platine, dans le minerai de platine, est allié ou mélangé avec diverses substances qu'on ne peut pas encore caractériser dans les petits essais.

§ 137. **Notes sur la recherche des bases.** — Nous n'avons indiqué, dans les essais destinés à la recherche des bases, que les substances qui sont communes dans la nature. Si l'on avait affaire à d'autres matières, on pourrait éprouver des embarras dont nous parlerons ici.

1° Dans le traitement par l'acide azotique, il pourrait se trouver :

Du palladium. . . . . Il précipite sur la lame de cuivre; mais la solution est rouge et précipite en noir par le chlorure d'étain.

De la thorine. . . . . Elle se manifesterait par l'ébullition, après l'addition d'un sulfate, car le sulfate de thorine se précipite à 100°.

2° Dans l'essai de solution par l'ammoniaque en excès, le précipité peut renfermer un grand nombre de substances, qui n'ont pas été indiquées, telles que :

La glucyne. . . . . Elle est enlevée avec l'alumine dans la solution potassique, qu'il faut alors saturer par un acide, pour traiter de nouveau par l'ammoniaque.

Si le précipité est l'alumine pure, en y mettant une goutte de nitrate de cobalt, et calcinant, il prend une belle couleur bleue. Si c'est de la glucyne pure, la couleur devient noire; s'il y a mélange, on obtient un bleu sale.

Digitized by Google

L'urane.	Le précipité, ou le minéral même, donne au feu de réduction un verre vert avec le double phosphate. La solution première précipite en rouge foncé par le ferro-cyanate de potasse.
Le cérium.	Le résidu de l'action de la potasse peut renfermer ces trois substances. Repris par l'acide azotique, puis desséché pour chasser l'excès d'acide, et redissous dans l'eau, il donne un précipité blanc par l'oxalate d'ammoniaque.
La zircone.	
L'yttria.	Pour la première, ce précipité devient brun-canelle par calcination, et forme, avec le double phosphate, un verre rouge à chaud, et incolore à froid. Pour les autres le précipité ne bruuit pas : il forme pour l'une un verre incolore opaque avec le double phosphate; pour l'autre un verre transparent.

3° Nous ne parlerons pas des réunions fortuites qu'on pourrait rencontrer; car alors les précipités pourraient être très-compliqués, et, pour arriver à quelques résultats, il faudrait posséder des connaissances chimiques très-étendues, qu'on ne peut acquérir que par des études approfondies.

ANALYSE DES MINÉRAUX.

§ 158. **Nécessité.** — L'essai chimique suffit toujours pour distinguer un corps simple; mais il n'en est pas de même d'un corps composé, la nature et le nombre des matières réunies ne suffisent plus et il faut en connaître les quantités relatives. Par exemple, personne ne confondra le sucre et l'esprit-de-vin, et cependant ils sont l'un et l'autre uniquement composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, et il n'y a de différence que dans le rapport des quantités. La même chose a lieu dans les minéraux; il en est beaucoup qui sont formés des mêmes éléments, et qui présentent des différences aussi marquées que les deux corps précédents : d'où il résulte que, pour les caractériser chimiquement, il faut séparer exactement les matières, peser chacune d'elles, et rapporter tout à l'unité pour établir la comparaison sous ce point de vue. C'est ainsi qu'on peut distinguer le minium et le jaune de plomb, si différents à l'extérieur, quoique formés des mêmes éléments; savoir :

Jaune de plomb.	Oxygène. . 0,07 Plomb. . . 0,93	1,00	Oxygène. . 0 10 Plomb. . . 0,90	Minium.
			1,00	

Digitized by Google

§ 139. **Moyens généraux.** — L'analyse se fait à peu près comme les essais, seulement avec des précautions qu'on pouvait alors négliger. Il faut peser exactement une certaine quantité du minéral réduit en poudre très-fine, et avoir soin de n'en rien perdre dans le cours des opérations. Après l'avoir calciné, si l'on y a reconnu de l'eau, et pesé de nouveau pour constater la perte, qui est le poids du liquide, on attaque par l'acide nitrique, par l'eau régale, ou par fusion préalable avec la soude, etc., puis on recueille successivement, par filtration, les précipités qu'on peut former dans la solution; on les lave soigneusement en faisant passer une suffisante quantité d'eau sur les filtres; on dessèche convenablement ces filtres, on les pèse exactement avec la matière qu'ils supportent, et l'on défalque le poids du papier, qu'on a dû peser auparavant. On recueille alors la liqueur filtrée et toutes les eaux de lavage, et on fait évaporer convenablement pour provoquer ensuite d'autres précipités sur chacun desquels on opère de même.

Le point principal est de bien conduire les opérations successives, d'employer des réactifs qui séparent en totalité une substance déterminée, et qui n'entraînent aucune partie des autres. C'est en cela que consiste la difficulté, et les moyens que nous avons employés dans les essais ne suffisent pas toujours. En effet, tant qu'il ne s'agit que de découvrir la présence d'un corps, peu importe que le précipité en entraîne d'autres, pourvu que ceux-ci soient masqués et que celui qu'on cherche se manifeste clairement. Il n'en est plus de même dans l'analyse, et il y a des cas où il faut tout le talent d'un chimiste consommé pour parvenir à une séparation exacte des éléments. Heureusement, beaucoup de cas aussi n'exigent que les plus simples éléments de la science, et ce sont généralement ceux qui se présentent le plus fréquemment dans les usages de la vie. Ainsi l'analyse des pierres calcaires, des marnes, des argiles et des terres arables, des silicates les plus communs, des scories des usines, des minerais de fer, de cuivre ou de plomb, des sels employés dans les arts, des alliages les plus utiles, etc., peut se faire toujours avec facilité; ces corps, en effet, ne renferment que des matières parfaitement connues, dont la séparation se fait toujours assez nettement.

§ 140. **Exemples d'analyses.** — Il ne sera pas inutile d'indiquer ici quelques analyses faciles pour donner une idée de ce qu'il y a à faire dans les cas qui se présentent le plus ordinairement.

1° *Marne.* — 5 grammes desséchés à 100° ont perdu 345 milligrammes consistant en eau.

5 autres grammes, traités par l'acide azotique étendu, ont fait

Digitized by Google

effervescence pendant quelque temps et ont laissé un résidu argileux qui, lavé, puis desséché à 100°, pesait 3gr,879; il en résulte que le carbonate de chaux enlevé par l'acide est de 0gr,776; cette marne se compose donc de :

Carbonate de chaux.	0,776 ou pour 1.		0,1552
Argile et eau.	4 224		0 8448
	5,000		1,0000

D'où l'on voit que cette matière, employée en agriculture, est plus propre aux terrains sableux qu'aux terrains argileux.

2° *Pierre calcaire.* — 5 grammes ont été attaqués avec effervescence par l'acide azotique et ont laissé un résidu insoluble de 15 centigrammes.

La solution traitée par l'ammoniaque a donné 204 milligrammes de peroxyde de fer qui offrait au chalumeau quelques traces de manganèse, § 136, 2°.

La liqueur, réunie aux eaux de lavage et suffisamment évaporée, a été traitée à chaud par du sous-carbonate d'ammoniaque et filtrée immédiatement; elle a donné un précipité de carbonate de chaux de 4gr,098 représentant 2gr,307 de chaux*.

Enfin, après l'évaporation des eaux et la calcination au rouge, il est resté 217 milligrammes de magnésie; ainsi la pierre se compose de :

Matière insoluble.	0,150 ou pour 1. . . .		0,0300
Peroxyde de fer.	0,204		0,0408
Chaux.	2,307		0,4614
Magnésie.	0,217		0,0434
Acide carbonique conclu par différence.	2,122		0,4244
Total.	5,000		1,0000

3° *Céruse.* — La céruse ou *blanc de céruse* est un carbonate de plomb; mais on falsifie cette substance en y mélangeant de la *craie* ou *blanc de Bougival*, qui en diminue la valeur et enlève beaucoup de solidité à la peinture. Il est donc utile de savoir quelle est la nature de la matière qu'un ouvrier emploie dans le travail qu'on lui fait faire; en voici l'analyse :

5 grammes de matière attaqués par l'acide azotique étendu ont laissé 10 centigrammes de résidu.

La solution traitée par le sulfate de soude a donné un précipité

* 100 de carbonate de chaux renferment 56,29 de chaux; de sorte que la proportion 100 : 56,29 :: 4,098 : x = 2,307 donne la quantité de chaux dans le cas présent.

Digitized by Google

de sulfate de plomb pesant 4gr,539, d'où l'on conclut 3gr,238 d'oxyde de plomb*, ou 4 gr. de carbonate**.

Le liquide filtré, réuni aux eaux de lavage et évaporé, ayant été traité par le sous-carbonate d'ammoniaque, a donné 0gr,902 de carbonate de chaux. Cette matière renferme donc :

Céruse pure, ou carbonate de plomb.			4, ou pour 1. . .	0,80
Craie.	Carbonate de chaux. . .	0,90	1.	0,20
	Matière insoluble. . . .	0,10		
			5	1,00

c'est-à-dire que la céruse est mélangée avec un quart de craie.

Quand la fraude se fait par un mélange de sulfate de baryte, celui-ci reste insoluble.

4° *Scorie de haut fourneau.* — La matière a été fondue avec la soude, et le résultat traité par l'acide azotique. Les 5 grammes ont donné alors, après l'ébullition, 1gr,27 de silice.

L'ammoniaque a fait un précipité de peroxyde de fer qui, après avoir été lavé et traité par la soude, puis lavé de nouveau et séché, pesait 2gr,737.

La liqueur ammoniacale, réunie à ses eaux de lavage, a donné, par le carbonate d'ammoniaque, un précipité de carbonate de chaux de 1gr,805, ou 4gr,016 de chaux.

Les eaux sodiques évaporées, puis saturées d'acide et traitées par le sous-carbonate d'ammoniaque, ont donné un précipité d'alumine de 205 milligrammes. Le résultat de l'analyse est donc :

Silice.	1,270
Peroxyde de fer.	2 737
Alumine.	0,205
Chaux.	1,016
Total.	5,226

L'augmentation de poids fait voir que le fer était ici à l'état de protoxyde, dont il faut alors réduire la quantité à 2,511.

Ce résultat montre qu'il faut modifier les opérations de l'usine, en ajoutant au minerai ce qu'on nomme de la *castine* (carbonate de chaux), afin de saturer la silice et d'éviter la perte en fer. L'analyse des minerais et celle de la castine du lieu détermineraient positivement la quantité de fondant à employer.

Ces exemples, joints aux observations que nous avons faites à

---

* 100 de sulfate de plomb renferment 73,56 d'oxyde de plomb. On a la quantité d'oxyde, dans le cas présent, par la proportion 100 : 73,56 : : 4,539 : x.

** 100 de carbonate de plomb renferment 83,46 d'oxyde de plomb; de sorte qu'on fait la proportion 83,46 : 100 : : 3,238 : x.

Digitized by Google

l'égard des essais, doivent suffire pour montrer comment on doit s'y prendre dans la plupart des cas ordinaires.

ÉNONCIATION ET COMPARAISON DES ANALYSES.

§ 141. **Difficulté de s'exprimer.** — Tant qu'il ne s'agit que des usages de la vie, on ne sent pas le besoin d'exprimer les compositions autrement que par les poids mêmes que fournit l'analyse; mais, quand on considère les corps bruts sous le point de vue scientifique, on reconnaît bientôt qu'il est impossible de les comparer les uns aux autres en s'exprimant en poids, parce que les rapports sont trop compliqués. Par exemple, quoiqu'on aperçoive de grandes différences dans les compositions suivantes :

	1re *analyse.*	2e *analyse.*	3e *analyse.*
Soufre.	0,192	0,162	0,175
Cuivre.	0,189	0,318	0,455
Plomb.	0,619	0,520	0,372

il est difficile de les énoncer de manière à en donner une idée bien nette. Aussi pendant longtemps a-t-on fait peu d'attention à la composition chimique, et s'est-on contenté de comparer les corps par des caractères extérieurs; ce n'est que du moment où l'on a connu les lois suivant lesquelles les corps se combinent qu'on a pu réellement en tirer tout le parti convenable. Voici les faits :

§ 142. **Lois de combinaison.** — L'ensemble de toutes les observations fait voir que les corps, simples ou composés, se combinent entre eux dans un certain nombre de proportions nettement déterminées, qui n'admettent aucun intermédiaire et qui ont entre elles des rapports simples, du moins quand il s'agit des minéraux. Par exemple, on reconnaît par expérience que :

100 d'oxygène sont combinés à 201,20 de soufre (acide hyposulfurique).
200 . . . . . 201,12 . . . . (acide sulfureux).
300 . . . . . 201,18 . . . . (acide sulfurique).
100 d'oxygène se combinent à 395 69 de cuivre.
100 . . . . . 791.59 (2 fois 395,69).
200 . . . . . 395.68
100 de soufre se combinent à 593.39 de cuivre.
200 . . . . . 595.38
100 de silice se combinent à 184.99 de chaux.
200 184,98
300 . . . . . 184.98

Digitized by Google

C'est-à-dire qu'une quantité déterminée de base, ou le double de cette quantité, se combine à une certaine quantité de corps électro-négatif, ou bien à deux fois, à trois fois, etc., cette quantité : c'est un fait d'analyse inorganique que toutes les observations confirment.

Énonciation atomique. — On exprime ce fait d'analyse d'une manière plus commode pour l'énonciation et pour la comparaison des différents composés. Au lieu de considérer le nombre 100, dans les corps oxygénés, comme le poids d'un certain nombre de particules d'oxygène, on a imaginé de le regarder comme le poids même d'une particule, en prenant en même temps le nombre correspondant pour poids d'une particule de base. Dès lors, on a dit : dans les composés de l'oxygène et du soufre, les choses sont telles qu'on trouve successivement 1 particule de soufre, pesant 201,16, réunie à 1, à 2, à 3 particules d'oxygène, pesant chacune 100. De même, dans les oxydes de cuivre, 1 particule de cuivre, pesant 395,69, se trouve réunie à 1, à 2 particules d'oxygène, ou bien 2 particules de cuivre à 1 particule d'oxygène, etc.

Maintenant, ayant exprimé par 100 le poids de la particule d'oxygène, il n'a plus été possible d'employer ce nombre pour d'autres corps, pas plus qu'après avoir pris relativement 201,16 pour le soufre, 395,69 pour le cuivre, on n'a pu les changer. On a donc été conduit à chercher le poids de la particule de chaque corps en partant du nombre 100 admis pour l'oxygène, ou de tout autre déjà fixé relativement à cette unité, comme, par exemple, 201,16 fixé pour le soufre, etc. C'est à quoi on est parvenu en cherchant exactement la composition des oxydes, des sulfures, etc. *.

Telles sont les bases de ce qu'on nomme la *théorie atomique*, ou la *théorie des équivalents*, car les noms d'*atomes* ou d'*équivalents* ont prévalu sous le nom de particule, qu'on aurait pu également adopter.

§ 143. **Transformations atomiques.** — Dans cette manière de s'exprimer, on peut énoncer avec facilité toutes les espèces de combinaisons, et surtout les comparer les unes aux autres; mais il

---

* Si l'on ne connaissait pas les oxydes de cuivre, par exemple, on pourrait avoir le poids de la particule de ce métal par les sulfures. Sachant qu'un sulfure est composé de 100 de soufre et 393,58 de cuivre, on dirait : le poids de la particule de soufre ayant été représenté par 201.165 (voyez les tables), si nous faisons la proportion 100 : 393 58 :: 201,165 : x, le quatrième terme sera le poids de la particule cherché, ou 791,54 Si l on ne connaissait pas d'autres composés, il resterait à savoir si ce nombre représente 1 particule ou deux, etc ; de sorte qu'on pourrait admettre 761,54, ou 395.67, etc. On conçoit que ce n'est qu'à la longue et par l'ensemble de tous les faits relatifs à un corps qu'on peut se fixer à cet égard.

Digitized by Google

faut, avant tout, transformer en rapports atomiques les rapports en poids qui sont fournis dans l'analyse.

Cette transformation se fait en divisant le poids de chacun des composants par le poids atomique correspondant, et réduisant ensuite les rapports à leur plus simple expression. Par exemple, pour la première des analyses précédentes, § 141 :

	Poids.	On trouvera *les rapports atomiques.*
Soufre.	0,192	0,00095 ou 2
Cuivre.	0,189	0,00048 1
Plomb.	0,619	0,00048 1

Pour cela on cherchera dans les tables* les poids atomiques du soufre, du cuivre et du plomb (savoir 201,165 — 395,695 — 1294,498), par lesquels on divisera les poids correspondants donnés par l'analyse** : on trouvera ici :

$$\text{Sout. } \frac{0.192}{201,165} = 0,00095 ; \text{ Cuiv. } \frac{0\,189}{395,695} = 0,00048 ; \text{ Pl. } \frac{0,619}{1294,498} = 0,00048$$

nombres qui sont à peu près entre eux comme 2, 1 et 1. Le corps se trouve donc composé de 2 atomes de soufre, 1 atome de cuivre et 1 atome de plomb.

Les deux autres analyses données se transforment de la même manière, et on aura :

	2e *analyse.*			3e *analyse.*		
	Poids.	*Rapports atomiques.*		*Poids.*	*Rapports atomiques.*	
Soufre. . .	0,162	0,0008 ou 2	atomes.	0,173	0 00086 ou 3	at.
Cuivre. . .	0,518	0,0008	2 atomes.	0,455	0,00116	4 at.
Plomb. . .	0,520	0,0004	1 atome.	0,372	0,00029	1 at.

Il ne sera pas plus difficile de transformer des analyses de corps oxygénés. Ainsi, connaissant le poids atomique de la silice, 577,478;

---

* Voyez une table des poids atomiques à la fin de cet article.

** Les poids donnés par l'analyse signifient qu'il y a pour chacun des trois corps certains nombres d'atomes n, n', n'', dont les relations sont 0,192 — 0,189 — 0,619; c'est-à-dire qu'on a

$$0,192 : 0,189 : 0,616 :: n\,(201.165) : n'\,(395,695) . n''\,(1294,498)$$

$$\text{Ou bien : } \frac{0\,192}{201.165} : \frac{0,189}{395\,695} : \frac{0,619}{1294,493} :: n : n' : n'';$$

de sorte que les quotients donnent les rapports entre n, n', n''.

Digitized by Google

celui de l'alumine, 642,334; et celui de la chaux, 356,019, on trouvera pour les compositions suivantes :

	4e *analyse.*		5e *analyse.*	
	Poids.	*Rapports atomiques.*	*Poids.*	*Rapports atomiques.*
Silice. . . .	0,403	0.00070 ou 2 atomes.	0,424	0 00073 ou 3 at.
Alumine . .	0,225	0,00035 1 atome.	0,314	0 00049 2 at.
Chaux . . .	0,372	0,00104 3 atomes.	0,262	0.00073 2 at.

On pourrait donc exprimer les cinq compositions précédentes comme il suit, en mettant les nombres atomiques en exposants au-dessus des noms des matières composantes :

1re — Soufre^2,	cuivre^1,	plomb^1,	*ou par abréviation :* So^2, Cu^1, Pl^1.
2e — Soufre^2,	cuivre^2,	plomb^1, ...	So^2, Cu^2, Pl^1.
3e — Soufre^3,	cuivre^4,	plomb^1, ...	So^3, Cu^4, Pl^1.
4e — Silice^2,	alumine^1,	chaux^3, ...	Si^2, Al^1, Ch^3.
5e — Silice^3.	alumine^2,	chaux^3, ...	Si^3. Al^2, Ch^3.

Il est facile maintenant de comparer ces corps les uns aux autres, d'en exprimer clairement les différences, enfin de s'en faire une idée nette.

§ 144. **Signes de composition.** — Pour peindre la composition des corps plus facilement, on emploie les initiales des noms au lieu des noms eux-mêmes, à peu près comme nous venons de le faire par abréviation, mais avec quelques conventions relativement aux détails : on est à peu près convenu de prendre pour cela les noms latins; savoir :

Al.	Aluminium.	Gl.	Glucynium ou Beryllium.	Be. Pl. ou Pb.	Platinium. Plumbum.
Ag.	Argentum.				
As. ou Ar.	Arsenicum.	Hg.	Hydrargyrum, ou Me. Mercure.	R. Se.	Rhodium. Selenium.
Au.	Aurum.				
Az.	Azotum, ou Nitricum.	N. Ni-tricum.	Hy. ou H. Hydrogenium.	Si.	Silicium.
			I. Iodicum.	Sn.	Stannum.
Ba.	Baryum.		Ir. Iridium.	Sb.	Stibium.
Bi.	Bismuthicum.		K. Kalium ou Potassium.	Sr.	Strontium.
B. ou Bo.	Boron.			S. ou Su.	Sulphur.
Br.	Bromium.		L. Lithium.	Ta.	Tantalium.
Ca.	Calcium.		Ma. ou Mg. Magnesium.	Te.	Tellurium.
Cd.	Cadmium.		Mn. Manganesium.	Th.	Thorinium.
C.	Carbonicum.		Mo. Molybdœnum.	Ti.	Titanium.
Ce.	Cerium.		Na. Natrium ou Sodium.	Tu.	Tungstenium, ou W. Wolframium.
Ch. ou Cl.	Chlorum.				
Cr.	Chromium.		Ni. Nicolum, Nickel.	U.	Uranium.
Co.	Cobaltum.		Os. Osmium.	Vn.	Vanadium.
Cu.	Cuprum.		O. Oxygenium.	Y.	Yttrium.
Fe	Ferrum.		Pd. Palladium.	Zn.	Zincum.
Fl.	Fluor.		Ph. Phosphorus.	Z.	Zirconium.

Digitized by Google

Pour désigner une combinaison, on écrit les signes des composants l'un auprès de l'autre, et, pour indiquer les nombres atomiques, on place des chiffres en exposants, en sous-entendant, comme en algèbre, l'exposant 1. Ainsi Fe Su indique la combinaison d'un atome de fer et d'un atome de soufre ; Fe Cu Su^2 indique un atome de fer, un de cuivre et deux de soufre. On comprendra de même Fe^2, Cu Su^5, ou bien Fe^5 Cu^2 Su^5, etc.

Dans la combinaison de trois, ou d'un plus grand nombre d'éléments, on peut écrire la formule de plusieurs manières. Ainsi, au lieu de Fe Cu Su^2, on peut partager l'élément électronégatif entre les deux bases Fe Su, Cu Ru, et écrire Fe Su + Cu Su.

De même Fe^2, Cu Su^3, ou bien Fe^5 Cu^2 Su^5, peuvent s'écrire Fe^2 Su^2 + Cu Su, ou Fe^5 Su^5 + Cu^2 Su^2, etc.; mais alors les exposants qui sont de même valeur se transforment en coefficients, et l'on écrit 2 Fe Su + Cu Su, et 3 Fe Su + 2 Cu Su.

Cette manière d'écrire s'appuie, théoriquement, sur ce que les composés ternaires de nos laboratoires sont le plus souvent le résultat de la combinaison de deux composés binaires.

On pourrait écrire de même la composition des corps oxygénés. Ainsi Ca O, Si O^3, etc., indiqueraient l'union de 1 atome de calcium et 1 atome d'oxygène, de 1 atome de silicium et 3 atomes d'oxygène, etc.; mais, les corps oxygénés étant très nombreux, on est convenu, pour éviter complication dans les formules, de supprimer le signe oxygène et de le remplacer par des points au-dessus de la lettre, en nombre égal à celui du chiffre d'atomes. Ainsi on écrit Ca, Si, au lieu de Ca O. Si O^3, etc.

Quand il arrive que la base entre pour deux atomes dans l'oxyde, on est généralement convenu de couper la lettre en deux par une barre horizontale. Ainsi, au lieu de Fe^2 O^3 Cu^2 O, etc., on écrit Fe, Cu, etc. Cependant la difficulté d'avoir de ces lettres barrées sur tous les corps a fait aussi recourir à d'autres moyens : on a coupé la lettre par un trait de lime, comme Fe, Cu ; on a mis une barre au-dessous, comme Fe, Cu ; et enfin on a mis des chiffres en indices, comme Fe_2, Cu_2, ou des primes $Fe_{,,}$, $Cu_{,}$.

Les sulfures étant aussi très-abondants, et souvent très-compliqués, on a imaginé de représenter les atomes de soufre par des virguies placées au-dessus de la base. Ainsi on écrit Pb, Fe, Sb, etc, au lieu de Pb Su, Fe Su^2, Sb^2 Su^3, etc.

D'après ces conventions, les cinq analyses que nous avons prises

Digitized by Google

pour exemples de transformations, § 143, devront s'écrire comme il suit :

1er — Cu Pb Su^2, ou bien Cu Su + Pb Su, ou encore $\dot{C}u\ \dot{P}b$.

2e — Cu^2 Pb Su^3, — Cu^2 Su + Pb Su, — $\dot{C}u\ \dot{P}b$.

3e — Cu^4 Pb Su^3, — $2Cu^2$ Su + Pb Su, — $\dot{C}u^2\dot{P}b$.

4e — $\dot{C}a^3\ \dddot{A}l\ Si^2$, — $\dot{C}a^6$ Si + $\dddot{A}l$ Si.

5e — $\dot{C}a^3\ \dddot{A}l^2\ Si^3$, — $\dot{C}a^3$ Si + $2\dddot{A}l$ Si.

Le partage des composants donne ici plus de facilité pour l'énonciation et la comparaison.

§ 145. **Autre loi pour la combinaison des corps binaires.** — Il existe, relativement à la combinaison des corps binaires, une autre loi d'après laquelle on peut également arriver à une comparaison facile des analyses; elle consiste en ce que l'élément électro-négatif de l'un des composants est généralement un multiple ou un sous-multiple, de la quantité du même élément dans l'autre. Cette loi est surtout utile pour les composés oxygénés, les plus nombreux comme aussi les mieux connus dans leur composition. On peut chercher quelles sont les quantités d'oxygène de chacun des corps dosés par l'analyse, et il en résulte des rapports qui offrent une expression très-nette de la composition sans aucune hypothèse. Les analyses de silicates que nous avons calculées ci-dessus donnent ainsi :

		Oxyg.	Rap.			Oxyg.	Rap.
Silice,	0,403	0,209*	2	Silice,	0,424	0,220	3
Alumine,	0,225	0,105	1	Alumine,	0,311	0,146	2
Chaux,	0,372	0,104	1	Chaux,	0,362	0,073	1

et les nombres 2, 1 et 1, ou bien 3, 2 et 1, sont alors des poids relatifs d'oxygène qui caractérisent très-bien les corps.

Signes minéralogiques. — On emploie également des signes pour indiquer ces sortes de rapports; mais on se sert alors des lettres italiques pour montrer que les éléments sont oxydés, et l'on écrit *Al*, *Ca*, *Si*, etc., au lieu de $\dddot{A}l$, $\dot{C}a$, $\dddot{S}i$, etc. Lorsqu'il y a plusieurs oxydes d'un même corps, on emploie l'italique courante pour le protoxyde, et l'italique capitale, soit simple, soit avec un signe

* 100 de silice renferment 51,95 d'oxygène (*voyez* la table, page 116), et l'on peut faire 100 : 51,95 :: 0,403 : x = 0,209 : on calculera de même pour les autres oxydes.

Digitized by Google

additionnel, pour des oxydes plus élevés. Ainsi *fe* et *Fe*, *Mn* et *mn*, *Cr*, $\overline{Cr}$, etc., sont la même chose que Fe, $\ddot{F}e$, Mn, $\ddot{M}n$, Cr, $\ddot{C}r$, $\ddot{C}r$, etc. L'eau s'exprime généralement alors par *Aq*, qui équivaut à Hy^2 O, ou $\ddot{H}y$.

Cela posé, nos deux combinaisons peuvent s'écrire aussi :

*Ca Al Si*² ou bien en partageant *Ca Si* + *Al Si*.
*Ca Al*² *Si*³, — *Ca Si* + 2*Al Si*.

Ces espèces de signes, plus simples que les précédents, ont été nommés *signes minéralogiques*, parce que la plupart des substances minérales, étant des composés d'oxydes, peuvent être indiquées de cette manière. Par opposition, les autres signes ont été nommés *signes chimiques*, parce qu'ils indiquent à la fois tous les rapports chimiques.

§ 146. **Passage d'un signe à l'autre.** — Rien n'est plus facile que de passer d'un de ces signes à l'autre, savoir :

1° *Passer du signe chimique au signe minéralogique.* Il suffit de compter les points qui indiquent l'oxygène, de les multiplier par les exposants et les coefficients, et de simplifier ensuite les rapports s'il y a lieu.

Soit, par exemple, la formule $\dot{C}a^3 \ddot{S}i + 3 \ddot{A}l \ddot{S}i$. Le premier terme équivaut à *Ca*³ *Si*³, ou 3 *Ca Si*. Le second équivaut à *Al*⁹ *Si*⁹, ou 9 *Al Si*. L'ensemble est donc 3 *Ca Si* + 9 *Al Si*, ou bien en réduisant *Ca Si* + 3 *Al Si*.

2° *Passer du signe minéralogique au signe chimique.* — Il faut d'abord multiplier les exposants par les coefficients, puis rétablir les points à chaque oxyde, et les exposants qui doivent les multiplier pour avoir les mêmes rapports; enfin, repasser aux coefficients et simplifier s'il y a lieu.

Soit la formule 2 *Ca Si*³ + 3 *Al Si*³; le premier terme équivaut à *Ca*² *Si*⁶, ou $\dot{C}a^2 \ddot{S}i^2$, et $2\dot{C}a \ddot{S}i$; le second terme équivaut a *Al*³ *Si*⁹, ou $\ddot{A}l \ddot{S}i^3$: l'ensemble est donc $2 \dot{C}a \ddot{S}i + \ddot{A}l \ddot{S}i^3$.

§ 147. **Rappel des corps isomorphes.** — On comprendra mieux maintenant l'isomorphisme, dont nous avons parlé § 46 : il consiste en ce que les composés de même formule, qui renferment un même élément électro-négatif, avec certains éléments électro-positifs différents, présentent des formes sinon toujours identiques, du moins du même genre. Ainsi les sulfures Pb Su, Ag Su, Zn Su, etc., sont isomorphes, malgré la différence des bases, et ont entre eux les plus grandes analogies. Il en est de même des sulfates

Digitized by Google

*Pb Su*³, *Ba Su*³, *Sr Su*³, etc., des carbonates *mn C*², *Ma C*², etc., et d'un grand nombre d'autres substances. De là on conclut que certaines bases sont par elles-mêmes isomorphes; et il faut en dire autant de certains corps électro-négatifs, comme le soufre et le sélénium, ou bien le chlore, l'iode, le fluor, etc. Les corps oxygénés isomorphes sont, en général, ceux qui présentent les mêmes rapports atomiques : ainsi l'alumine Äl, le peroxyde de fer Fe, l'oxyde de manganèse Mn, l'oxyde de chrome Cr, sont isomorphes. Les oxydes Ca, Fe, Mn, Ma, etc, sont aussi isomorphes. Cependant il ne faudrait pas conclure *a priori* que tout ce qui a la même formule est isomorphe, et il faut consulter l'expérience à cet égard. En effet, il est reconnu que K, Na, L, ne sont pas isomorphes de Ca Fe, etc., qui ont la même formule. Ces corps sont cependant susceptibles de se substituer l'un à l'autre dans les composés.

DISCUSSION DES ANALYSES.

§ 148. **Nécessité.** — Il n'arrive pas toujours que les analyses minérales puissent conduire aussi facilement que les précédentes à des rapports simples; fréquemment, au contraire, on n'obtient que des rapports compliqués, et par suite peu satisfaisants. Cela tient principalement à ce que les matières minérales ont rarement cristallisé seules, et que dès lors l'une d'entre elles a entraîné une certaine quantité des autres. C'est, en effet, ce qui arrive dans nos laboratoires lorsque plusieurs sels se trouvent ensemble dans la même solution. Or ces mélanges masquent les proportions, et le travail qu'il faut faire pour les mettre à découvert, en séparant ce qu'il y a de propre au corps et ce qu'il y a d'étranger, est ce qu'on nomme *discussion de l'analyse*.

§ 149. **Bases de la discussion et application.** — Les observations de laboratoire nous font reconnaître deux sortes de mélanges : les uns se font entre des corps isomorphes et en toutes proportions; les autres, au contraire, se font entre des corps quelconques et toujours par petite quantité.

1° *Mélanges de corps isomorphes.* — Ces mélanges ont lieu entre des sels qui ont la même formule de composition, quoiqu'ils puissent être à bases différentes. Ainsi, quand on mêle ensemble dans la même solution les aluns à base d'alumine et de potasse, d'alumine et d'ammoniaque, de peroxyde de fer et de potasse, d'oxyde de chrome (*Cr*) et de potasse, etc., ils se mélangent entre eux de

Digitized by Google

toutes les manières pendant la cristallisation, et de telle sorte qu'il n'y a pas un cristal qui ne renferme tous ces aluns, et à peu près comme la solution même. Chacun présente alors la composition $3\ Al\ Su^3 + K\ Su^3 + 24\ Aq$, qui est celle de l'alun ordinaire, avec une quantité plus ou moins grande de

$$3\ Fe\ Su^3 + K\ Su^3 + 24\ Aq.$$
$$3\ Cr\ Su^3 + K\ Su^3 + 24\ Aq, \text{ etc.}$$

ce qu'on peut représenter d'une manière générale sous la forme

$$3\ (Al, Fe, Cr, \text{etc.})\ Su^3 + K\ Su^3 + 24\ Aq,$$

en renfermant entre parenthèses les bases analogues, et laissant chacune d'elles indéterminée; c'est-à-dire que c'est alors la somme des quantités d'oxygène renfermées dans ces bases qui est à la quantité d'oxygène renfermée dans l'acide dans le rapport de 1 à 3.

La même chose arrive précisément dans la nature, et, en réunissant les quantités d'oxygène des diverses bases analogues, on parvient à trouver des formules régulières là où l'on ne pourrait rien avoir autrement. Par exemple, l'analyse ci-dessous ne présente rien de satisfaisant lorsqu'on cherche à comparer les quantités d'oxygène de chacun des corps; mais, si l'on réunit d'un côté l'alumine et le peroxyde de fer, qui peuvent se remplacer dans les composés, de l'autre les protoxydes de fer et de manganèse, la chaux, la magnésie, qui se remplacent aussi, les sommes d'oxygène sont alors en rapports simples entre elles et avec l'oxygène de la silice, de manière qu'on a 1, 1 et 2 pour ces rapports :

		Poids.	Oxygène.	Sommes partielles.	Rapport.
Silice.	*Si.* .	0,395	0,205	0,205	2
Alumine.	*Al.* .	0,149	0,069	0,101	1
Peroxyde de fer.	*Fe.* .	0,104	0,032		
Chaux.	*Ca.* .	0,118	0,853	0,102	1
Magnésie.	*Ma.* .	0,101	0,039		
Protoxyde de fer. . .	*fe.* .	0,092	0,021		
Protoxyde de manganèse.	*mn.* .	0,040	0,089		
			0,999		

Cette substance compliquée est alors représentée par la formule très-claire $(Ma, Ca, mn, fe)\ (Fe, Al)\ Si^2$: c'est un mélange de diverses matières isomorphes, savoir : de $Ma\ Al\ Si^2$, composition non dénommée, de $Ca\ Fe\ Si^2$, qui forme ce qu'on nomme la *mélanite*, de $Ca\ Al\ Si^2$, ou le *grossulaire*, de $fe\ Al\ Si^2$, ou l'*almandine*, et de $mn\ Al\ Si^2$, qu'on nomme *spessartine*.

Digitized by Google

Pour calculer en poids les quantités relatives de ces corps, il faut composer d'abord chacun d'eux théoriquement par quantités d'oxygène, puis chercher d'après ces quantités celles des matières correspondantes. Ainsi on prendra :

	Oxygène.				
Ma	0.039	formant	Magnésie,	0,101	0,337 *Ma Al Si*².
Al	0,039	—	Alumine,	0,086	
*Si*²	0,078	—	Silice,	0,150	
Ca	8,053	—	Chaux,	0,114	0,341 *Mélanite.*
Fe	0,032	—	Peroxyde de fer.	0,104	
*Si*²	0,064	—	Silice,	0,123	
Reste de *Ca*	9,001	—	Chaux,	0,004	0,010 *Grossulaire.*
Al	0,001	—	Alumine,	0,002	
*Si*²	0,002	—	Silice,	0,004	
fe	0,021	—	Protoxyde de fer.	0,092	0,218 *Almandine.*
Al	0.021	—	Alumine.	0,045	
*Si*³	0,042	—	Silice.	0,081	
mn	0,008	—	Protox. de mang.	0·036	0,082 *Spessartine.*
Reste de *Al*	0 008	—	Alumine.	0.015	
Si	0,016	—	Silice.	0,031	
Reste de *mn*	0,001	*mn Si*²	Protox. de mang.	0.004	0.010 *Kieselmangan?*
Reste de *Si*	0,003	Silice.		0,006	
				0,998	

Pour faire ces calculs, on se sert des tables de composition des oxydes. Trouvant par exemple, que 100 de magnésie renferment 38,71 d'oxygène, on fait pour la première substance 33,71 : 100 :: 0,039 : $x = 0{,}101$; et de même pour toutes les autres.

2° *Mélanges de corps hétérogènes.* — Lorsque, dans nos laboratoires, plusieurs sels de formules différentes se trouvent dans la même solution, il est rare que l'un d'eux se précipite sans entraîner une petite partie des uns ou des autres. Si des sels cristallisent dans une matière en bouillie, ils en entraînent également, et quelquefois même en grande quantité, comme dans les formes accidentelles par agglutination, § 67.

Il est évident que la même chose doit avoir lieu dans la nature, et que dès lors l'analyse des minéraux, en nous présentant en bloc les oxydes qui appartiennent à diverses substances, ne doit plus nous offrir les rapports simples que nous avons indiqués. C'est par là que s'expliquent une multitude d'anomalies apparentes.

Pour discuter alors les analyses, on ne peut plus suivre la marche précédente. Il faut se procurer, par la visite des lieux ou par l'examen des séries d'échantillons récoltés sur place, la connaissance des matières qui ont pu cristalliser ensemble, et par conséquent se mélanger. Il faut étudier la composition de toutes ces matières, en établir les formules, du moins approximativement, pour discuter ensuite tous les résultats et arriver enfin aux formules réelles.

Digitized by Google

Mélange de corps formés d'éléments divers. — Quand les matières mélangées renferment des bases différentes, il est toujours facile de les extraire. Par exemple, sachant qu'une substance dont la formule ordinaire est $Ca\ Ma^3\ Si^9$ a cristallisé en même temps qu'une autre $Ca\ Al\ Si^2$, il sera facile de ramener l'analyse suivante à la véritable formule, qu'il est d'abord impossible d'établir.

		Oxygène.
Silice.	0,582	0,302
Alumine.	0,024	0,011
Chaux.	0,151	0,042
Magnésie.	0,241	0,093

En effet, l'alumine renfermant ici 0,011 d'oxygène, on formera le composé $Ca\ Al\ Si^2$ sur cette base, savoir :

Oxygène.				Rapport.
Al. . . . 0,011	et il restera	Oxygène de silice. . . .	0,280	9
Ca. . . . 0,011		— chaux. . . .	0,031	1
Si^2. . . . 0,022		— magnésie. . .	0,093	3

On voit que ces restes d'oxygène sont précisément dans le rapport qui constitue la première formule. On calculera si l'on veut les poids correspondants comme ci-dessus.

Mélange de corps formés des mêmes éléments. — La discussion devient en apparence plus difficile lorsque les substances mélangées sont formées des mêmes éléments en diverses proportions, par exemple de *Ca Si* et $Ca\ Si^2$; mais on voit bientôt qu'il ne s'agit que de partager les nombres donnés chacun en plusieurs autres, suivant des rapports donnés. C'est alors un des plus simples problèmes d'algèbre.

Soit l'analyse { Silice. 0,497 tenant oxygène 0,258 ; Chaux. 0,502 — 0,141

que l'on suppose être un mélange de *Ca Si* et $Ca\ Si^2$. Il s'agit de partager les nombres 0,258 et 0,141 chacun en deux autres, x et y pour le premier, x' y' pour le second, et de manière que x soit à x' dans le rapport de 1 à 1 d'après la formule *Ca Si*, et que y soit à y' dans le rapport de 1 à $\frac{1}{2}$ suivant la formule $Ca\ Si^2$.

On aura donc d'une part $x + y = 0{,}258$, et de l'autre $x' + y$ ou $x + \frac{1}{2}y = 0{,}141$. De ces deux équations en x et y, on tirera

$x = 0{,}024$ Oxygène de la silice
$x' = x = 0{,}024$ Oxygène de la chaux } dans la formule *Ca Si*.

$y = 0{,}234$ Oxygène de la silice
$y' = \frac{1}{2}y = 0{,}117$ Oxygène de la chaux } dans la formule $Ca\ Si^2$.

On calculera les poids correspondants de silice et de chaux comme ci-dessus, et on trouvera

Ca Si.	0,154
$Ca\ Si^2$	0,866

Digitized by Google

NOMS.	POIDS atomiques.	SIGNES.	COMPOSITION			
			Corps élect.-négatif.		Corps élect.-positif.	
Acide azotique	677 036	Äz	Ox.=	73,852	Az	26,148
— borique	872 409	B̈o	Ox.	68,78	Bo	31,22
— carbonique	275,005	C̈	Ox.	72,726	C	27,724
— phosphorique	892 285	P̈h	Ox.	56,03	Ph	43,97
— sulfurique	501,165	S̈u	Ox.	59,86	Su	40,14
Alumine	642 332	Äl	Ox.	46,70	Al	53,30
Antimoine	806 452	Sb				
Argent	1351,607	Ag				
Arsenic	470,042	Ar				
Baryte	956 880	Ba	Ox.	10,45	Ba	89,55
Bismuth	1330,377	Bi				
Carbone	75,005	C				
Carbonate de chaux	631,024	Ca C̈	C̈	43,74	Ca	56,26
Chaux	356,019	Ca	Ox.	28,09	Ca	71,91
Chlore	221,326	Ch				
Chlorure d'argent	1794,258	Ag Ch²	Ch	24,67	Ag	75,33
Cobalt	368,991	Co				
Cuivre	395,695	Cu				
Eau	112,479	Ḧy	Ox.	88,91	Hy	11,09
Étain	735,294	Sn				
Fer	339,205	Fe				
Fluor	116,900	Fl				
Hydrogène	6,2398	Hy				
Lithine	127,757	L̈	Ox.	44,56	Li	55,44
Magnésie	258,352	Ma	Ox.	38,71	Ma	61,29
Mercure	1265,823	Hg				
Nickel	369,675	Ni				
Oxyde cobalteux	468,991	C̈o	Ox.	21,32	Co	78,68
— chronique	1003,631	C̈r	Ox.	29,89	Cr	70,11
— cuprique	495,695	C̈u	Ox.	20,17	Cu	79,83
— ferreux	439,205	F̈e	Ox.	22,77	Fe	77,23
— ferrique	978,409	F̈e	Ox.	30 66	Fe	69,34
— manganeux	445,887	M̈n	Ox.	22,43	Mn	77,57
— manganique	991,774	M̈n	Ox.	30,25	Mn	69,75
— permanganique	545,887	M̈n	Ox.	36,64	Mn	63,36
— plombeux	1394,498	P̈b	Ox.	7,171	Pb	92,829
— stannique	935,294	S̈n	Ox.	21,38	Sn	78,62
— zincique	503,226	Z̈n	Ox.	19,87	Zn	89,13
Plomb	1294,498	Pb				
Potasse	589,916	K̈	Ox.	16,95	K	83,05
Silice	577,312	S̈i	Ox.	51,96	Si	48,04
Soude	390,897	N̈a	Ox.	25,58	Na	74,42
Soufre	201,165	S̈u				
Strontiane	647,285	S̈r	Ox.	15,45	Sr	84,55
Sulfate barytique	1458,045	Ba S̈u	S̈u	34,37	Ba	65,63
— plombeux	1895,663	Pb S̈u	S̈u	26,44	PB	73,56
Zinc	403,226	Zn				

Digitized by Google

CLASSIFICATION DES MINÉRAUX.

§ 150. **Définitions et objet des classifications.** — Le mot classification s'étend à toute espèce d'arrangement qu'on peut faire entre un certain nombre de corps, soit qu'on ait pour but de retrouver facilement chacun d'eux au milieu des autres, soit qu'on veuille faire ressortir les analogies ou les différences qu'ils peuvent présenter.

Si l'on a seulement pour objet de retrouver chacun des corps au besoin, comme les livres dans une bibliothèque, la classification peut être quelconque, et il y a une infinité de manières de s'y prendre, toutes aussi bonnes les unes que les autres si l'on y met assez de soin! Par exemple, on peut placer sur chacun des corps un signe distinctif, qu'on consignera ensuite sur un catalogue, ou bien se servir de l'un ou de l'autre des signes les plus apparents que les corps eux-mêmes peuvent donner, comme la grandeur, la forme, la couleur, etc.

S'il s'agit de faire ressortir les analogies ou les différences de divers corps, il n'y a plus qu'un seul mode d'arrangement praticable, et qui résulte d'une comparaison aussi complète qu'il est possible de tous les corps. L'arrangement sera d'autant plus parfait, que la comparaison portera sur un plus grand nombre de points; il se perfectionnera à mesure qu'on trouvera de nouveaux moyens de confrontation, et qu'on connaîtra mieux le degré d'importance des différents rapports, ceux qu'on doit soigneusement observer et ceux que l'on peut négliger sans inconvénient.

§ 151. **Classification naturelle.** — C'est évidemment à cette dernière classification qu'on doit s'arrêter pour l'histoire naturelle, qui procède toujours par analogies et différences, et dont le but est de coordonner rigoureusement les résultats des recherches auxquelles tant d'hommes célèbres se sont livrés. C'est, en effet, celle qui est adoptée partout aujourd'hui, et qu'on désigne sous le nom de *classification naturelle* ou *méthode naturelle*, par opposition à tous les arrangements arbitraires, nommés alors *méthodes artificielles*, qu'on a autrefois imaginés, pour faciliter la distinction et la reconnaissance des différents êtres d'après quelques-uns des signes apparents qu'ils présentaient.

Division de la classification. — Toute classification comporte des divisions et subdivisions successives par le moyen desquelles on

Digitized by Google

arrive, de la collection totale, à chacun des corps qui la composent. La classification naturelle en est susceptible comme toute autre; elle présente d'abord quelques grandes coupes fondées sur des analogies qui conviennent à un grand nombre d'êtres, puis dans chacune d'elles des divisions et subdivisions par des analogies qui conviennent successivement à un plus petit nombre, jusqu'à ce qu'enfin on arrive à l'individu, c'est-à-dire à un être dont il peut bien exister différents exemplaires, mais entre lesquels il n'est plus possible d'établir de différences importantes. C'est ainsi que toute l'histoire naturelle se divise en *trois règnes* (animal, végétal, minéral), chaque règne en *embranchements* et *classes*, chaque classe en *ordres*, chaque ordre en *familles* et en *tribus*, chaque famille en *genres*, et chaque genre en *espèces*.

On définit généralement l'*espèce*, l'ensemble des individus semblables, ou l'ensemble des individus qui ont entre eux plus d'analogie qu'ils n'en ont avec tous les autres.

Le *genre* est la réunion des espèces qui ont entre elles plus d'analogies de toute nature qu'elles n'en ont avec les autres.

Les *tribus*, les *familles*, etc., sont de même des réunions successives de genres, de tribus, etc., qui ont entre eux plus d'analogies qu'ils n'en ont avec tous les autres.

§ 152. **Moyens de comparaison des corps bruts.** — Pour classer les corps bruts dans l'ordre de leurs analogies, il faut les comparer soigneusement les uns aux autres, et cela se fait par les diverses propriétés physiques et chimiques que nous avons étudiées. Mais ces propriétés ne sont pas toutes capables d'établir des analogies ou des différences du même degré d'importance. Ce serait fort peu de chose, par exemple, que l'analogie qui serait tirée de l'état terreux, sous lequel, pour ainsi dire, toutes les substances peuvent se présenter; ce serait peu de chose encore que la couleur, à moins qu'elle ne fût inhérente à la nature même des corps, car on sait que souvent un même corps peut être accidentellement coloré de toutes les manières, § 105. Il faut donc faire un choix dans les diverses propriétés pour établir des comparaisons capables d'un résultat important.

Il suffit de se rappeler les détails divers que nous avons donnés, pour voir que les propriétés réellement importantes, pour la comparaison des corps bruts, sont les formes cristallines, le clivage, les phénomènes de refraction simple ou double, la polarisation par réflexion, l'état élastique, la dureté, le poids spécifique, la composition chimique. Parmi les autres propriétés, les unes sont accidentelles, et par conséquent inutiles à la comparaison, et

Digitized by Google

les autres sont ou variables suivant des lois que nous ne connaissons pas, ou applicables à trop peu de corps.

Remarquons aussi que les corps bruts sont fréquemment privés de formes régulières, et n'offrent que des structures d'agrégation incapable de montrer le clivage ; que souvent ils sont opaques, et par conséquent qu'on ne peut observer la réfraction ; qu'ils sont ternes, et que dès lors l'angle de polarisation reste inconnu. Il en résulte que la composition chimique, après une discussion préalable des analyses, est souvent le seul moyen possible de comparaison, et que, dès lors, c'est en réalité ce qu'il y a de plus important dans les minéraux.

§ 153. **Individu minéralogique.** — Tant qu'il ne s'agit que des êtres organisés, on se fait toujours une idée parfaitement nette de l'*individu* ; car, tous ces corps se composant de parties qui ont des formes et des positions relatives définitivement arrêtées, on ne peut en général les diviser sans les détruire : c'est là ce que signifie l'expression même individu (*indivisible*).

Dans les matières brutes, il n'est pas aussi facile d'acquérir l'idée d'individualité, et l'on ne peut même y parvenir tant qu'on les considère sous des rapports purement physiques. Cela tient à ce que ni la forme ni la structure ne sont essentielles à ces corps, § 3, et que dès lors ils peuvent être divisés et subdivisés à l'infini sans cesser d'exister : la moindre parcelle possède en effet les mêmes propriétés que le tout. Mais dès qu'on envisage les corps bruts sous des rapports chimiques, la question change de face, et l'individu devient manifeste. En effet, il y a certaines opérations chimiques que l'on ne peut pratiquer sur ces corps sans les dénaturer, sans les diviser en parties hétérogènes s'ils sont composés, sans les faire passer dans de nouveaux corps s'ils sont simples. Ces opérations sont donc les limites de la divisibilité des corps bruts, et pour elles ces corps deviennent des individus.

Il résulte de là que l'*individu minéralogique* ne peut être qu'un *corps simple*, *un élément*, ou bien *un assemblage d'un certain nombre d'éléments en certaines proportions relatives*.

§ 154. **Espèce minéralogique.** — D'après cela, l'espèce minéralogique, qui doit être la réunion des individus semblables, ou des individus qui ont entre eux plus d'analogie qu'ils n'en ont avec tous les autres, se définit naturellement la *réunion des corps formés des mêmes principes et en mêmes proportions*.

Les corps qui sont réunis d'après ce principe se ressemblent aussi le plus souvent par toutes les propriétés physiques importantes; toutefois il faut excepter les cas de dimorphisme et d'iso-

Digitized by Google

morphisme, où il n'y a plus d'accord entre les caractères physiques et les caractères chimiques,

Quelques naturalistes, prenant le dimorphisme en considération, ont un peu modifié la notion précédente et défini l'espèce minérale, la *réunion des corps formés des mêmes éléments, en même proportion et au même état d'agrégation moléculaire*. D'où il résulte qu'un même corps, sous deux systèmes de formes différentes, doit constituer deux espèces, qui sont alors caractérisées par les propriétés physiques.

§ 155. **Genres minéralogiques.** — Le genre doit être la réunion des espèces qui ont entre elles plus d'analogies qu'elles n'en ont avec toutes les autres. Or, sous le rapport chimique, les espèces les plus analogues sont celles qui renferment les mêmes principes combinés en proportions différentes; en sorte que des corps tels que Pb Su, Pb Su^2, Pb Su^3, etc., sembleraient former naturellement un genre, dont les espèces seraient caractérisées par les proportions relatives.

Cependant cette manière de grouper les espèces ne satisfait pas à la condition de réunir celles qui ont le plus de ressemblance sous tous les rapports. Il en est une autre où, avec des analogies chimiques d'un ordre différent, les espèces ont en même temps de telles analogies physiques, qu'on ne peut souvent, au premier abord, les distinguer les unes des autres. C'est ce qui a lieu quand des corps isomorphes viennent à se remplacer dans une combinaison; ainsi les corps tels que Pb Su, Ag Su, Zn Su, etc., dont les bases sont isomorphes et le principe électro-négatif commun, ont entre eux des analogies physiques très-étendues.

Il résulte de là que, pour réunir en genres les espèces les plus analogues par l'ensemble de tous leurs caractères, il faut rassembler *celles qui renferment des bases isomorphes, combinées, suivant les mêmes relations atomiques, avec le même principe électro-négatif*. Telle est la définition qu'on peut donner du genre naturel, qui est alors caractérisé par l'élément électro-négatif et par les propriétés physiques.

§ 156. **Tribus minéralogiques.** — Les espèces minérales isomorphes ne résultent pas seulement de la substitution d'une base à une autre, il s'en fait aussi par des substitutions de principes électro-négatifs isomorphes; de sorte qu'il y a des genres isomorphes qui ont par conséquent entre eux les plus grands rapports, et qu'il faut dès lors placer les uns auprès des autres. De là résulte encore de nouveaux groupes très-naturels, qui peuvent être désignés sous le nom de *tribus minéralogiques*. Par exemple, les corps :

Digitized by Google

Pb Su, Ag Su, etc., forment un genre de sulfures isomorphes.
Pb Se, Ag Se, etc., forment un genre de séléniures isomorphes entre eux et avec les sulfures correspondants.
Pb Te, Ag Te, etc., forment un genre de telluriures isomorphes entre eux et avec les composés précédents.

Ces trois genres constituent un groupe de corps très-analogues, tant par les caractères physiques que par les formules de composition, et qu'on peut appeler une tribu. Des genres caractérisés par d'autres formules, comme $Cu^2 Su$ et $Cu^2 Se$, $Ag Su + Cu^2 Su$ et $Ag Se + Cu^2 Se$, etc., formeraient d'autres tribus, voisines des précédentes et distinguées par d'autres analogies physiques.

§ 157. **Familles minéralogiques.** — L'idée de la famille se présente maintenant d'une manière toute naturelle; c'est la réunion de diverses tribus formées par les différents genres d'isomorphismes qui résultent des proportions diverses où les corps peuvent se trouver dans les composés. Ainsi, dans le tableau suivant, les différents genres isomorphes de sulfures, séléniures, telluriures, etc, simples, doubles ou triples, forment diverses tribus dont l'ensemble constitue une famille ou même plusieurs, en prenant en considération le nombre des éléments réunis.

	1re espèce.	2e espèce.	3e espèce.		Composés binaires.
1re tribu, ou groupe de genres isomorphes.	Pb Su,	Ag Su,	Zn Su, etc.,	1er genre.	
	Pb Se,	Ag Se,	etc.,	2e genre.	
	Pb Te,	Ag Te,	etc.,	3e genre.	
2e tribu, autre groupe de genres isomorphes.	$Cu^2 Su$, etc.,			1er genre.	
	$Cu^2 Se$, etc.,			2e genre.	
3e tribu, autre groupe de genres isomorphes.	$Ag Su + Cu^2 Su$,	1re espèce		1er genre.	Composés ternaires.
	$Fe Su + Cu^2 Su$,	2e espèce			
	$Ag Se + Cu^2 Se$,			2e genre.	
Types de diverses tribus.	$Sb^2 Su^3 + Ag Su$,	1re espèce		genre.	
	$Sb^2 Su^3 + Pb Su$,	2e espèce			
	$Sb^2 Su^3 + 3 Ag Su$,	1re espèce		genre.	
	$Sb^2 Su^3 + 3 Pb Su$,	2e espèce			
	$Sb^2 Su^3 + 3 Fe Su$,	3e espèce			
Tribus diverses.	$(Sb^2 Su^3 + 3 Cu^2 Su) + 2(Sb^2 Su^3 + 3 Pb Su)$				Composés quaternaires.
	$(Sb^2 Su^3 + 9 Cu^2 Su) + 4(Sb^2 Su^3 + 9 Ag Su)$				
	$2(Sb^2 Su^3 + 4 Cu^2 Su) + (Sb^2 Su^3 + 4 Fe Su)$				

Digitized by Google

Ordres. — La réunion de ces sortes de familles constituerait d'autres groupes de corps analogues, qui se trouveraient caractérisés par les principes électro-négatifs isomorphes, et qu'on pourrait appeler des *ordres*.

Classes. — Pour grouper les ordres, on aurait la considération de l'état où se trouvent les principes électro-négatifs dans les composés. Ainsi les sulfures, séléniures, telluriures, formeraient des familles dont l'ensemble constituerait un ordre. Les sulfates, séléniates, telluriates, formeraient un autre ordre, et ces sortes de groupes composeraient une *classe* facile à caractériser par les propriétés chimiques.

La disposition des classes entre elles résulterait de la comparaison des différents corps simples qui leur servent de types, et elle dépendrait de la classification même de ces corps d'après leur plus ou moins d'analogie.

Remarques. — Dans l'état actuel de nos connaissances et quoique le nombre des composés naturels découverts soit déjà assez considérable, il est impossible d'établir complétement cette sorte de subordination des groupes; il s'y trouve des lacunes énormes, que nous ne pouvons pas même combler par les produits actuels de laboratoire. Très-fréquemment il n'y a qu'un seul corps pour tout représenter, depuis la classe jusqu'à l'espèce. Ailleurs, il y a une multitude d'espèces, dont chacune est le type d'un genre qui pourra se remplir par la suite; mais il y a peu de genres analogues, ou même pas du tout. et l'on ne peut établir ni tribus ni familles : ces espèces forment dès lors un grand tout à peu près indivisible qu'on ne sait comment nommer. De là il résulte que l'ensemble des minéraux connus ne présente que des groupes d'espèces isolées, souvent nombreuses, et çà et là quelques indices de classes avec quelques divisions incomplètes : c'est ce qu'on voit dans l'extrait du tableau des espèces qui termine cet article.

§ 158. **Nomenclature.** — Il résulte aussi des lacunes que nous venons d'indiquer dans la série des corps bruts, qu'il n'y a que les espèces qui aient reçu des noms; on ne s'est pas trouvé dans la nécessité de faire des noms de genres, et, s'il en existe quelques-uns, c'est parce que les corps qui s'y rapportent avaient été considérés autrefois comme une seule espèce, qui a été divisée plus tard par suite de l'avancement de la science. A plus forte raison n'existe-t-il pas de noms de tribus, de familles, d'ordres et de classes, puisque la plupart de ces divisions, que l'ensemble de nos connaissances fait apercevoir pour l'avenir, ne sont en réalité aujourd'hui que des cadres vides.

Digitized by Google

De là il résulte encore qu'en minéralogie les êtres ne sont plus désignés par deux noms, l'un de genre, l'autre d'espèce, comme dans les autres parties de l'histoire naturelle où ce système de nomenclature a rendu d'éminents services.

§ 159. **Variétés de l'espèce.** — Dans le règne minéral, comme dans toutes les autres parties de l'histoire naturelle, l'espèce peut se sous-diviser en variétés. La distinction est ici fondée sur la diversité des formes, qui peuvent être régulières, oblitérées, empruntées et accidentelles d'un grand nombre de manières; sur les diverses sortes de structures, sur les degrés de transparence ou d'opacité, sur l'éclat, sur les couleurs accidentelles, sur les diverses sortes de mélanges, etc. Chacun est à peu près le maître de distinguer ce qu'il voudra, en se bornant toutefois à des choses d'une certaine importance.

Métis minéralogiques. — Il y a dans les animaux des espèces voisines qui peuvent se croiser de toutes les manières, et qui donnent lieu à des êtres qui participent de l'un et de l'autre de leurs parents, comme le mulet et le bardeau; on leur donne le nom de *métis*, et on les place dans la méthode auprès de l'espèce avec laquelle ils ont conservé le plus de rapports.

Il y a aussi de véritables métis dans les minéraux, et ils résultent du mélange des matières isomorphes en toutes proportions. Lorsque dans ces mélanges il y a une matière qui domine, on doit placer évidemment le corps auprès de l'espèce que cette matière constitue; mais, lorsque toutes les matières sont mélangées en parties à peu près égales, il n'y a plus d'autres moyens que de les placer en appendice à la fin du genre dont toutes les espèces mélangées font essentiellement partie.

§ 160. **Tableau des espèces.** — Dans le tableau suivant où nous avons réuni une grande partie des espèces minérales, nous avons moins songé à donner une nomenclature qu'à indiquer les diverses analogies que les matières peuvent avoir entre elles. On peut y lire à la fois dans le sens vertical et dans le sens horizontal; et il est impossible, par cette double lecture, qu'on n'aperçoive pas les relations de composition, qui donnent, en général, celles de tous les autres caractères. Nous avons indiqué aussi les réunions d'espèces qui forment des types de genres et de tribus, dans les diverses classes, plus ou moins artificielles, qui partagent l'ensemble des minéraux connus.

Digitized by Google

Palladium	Pa
Or	Au
Argent	Ag
Mercure	Hg

Amalgame	$Ag\ Hg^2$
Arquerite	$Ag\ Hg^6$

PREMIÈ

Sidérides.

	Fer	Fe
Tribu. Types de tribus	Oligiste	$\dddot{F}e$ ou *Fe*
	Limonite	$Fe^2\ Aq$
	Gœthite	$Fe^3\ Aq$
	Aimant	$fe\ Fe^3$
	Franklinite	$(fe, Zn)\ Fe^3$

Manganides.

Pyrolusite	$\dddot{M}n$
Braunite	$\dddot{M}n$ ou *Mn*
Acerdèse	$Mn^3\ Aq$
Hausmanite	$mn\ Mn^3$
Zinc oxydé rouge	$Zn\ Mn^3$?
Psilomélane	$Ba\ Mn^4 + 2\ Aq$

DEUXIÈ

Molybdides.

Acide molybdique	$\ddot{M}o$ ou *Mo*
Mélinose	$Pb\ Mo^3$

Tungstides.

Acide tungst.	$\ddot{T}u$ ou *Tu*
Wolfram	$(fe, mn)\ Tu^3$

Tantalides.

Columbite
Bayerine

Uranides.

Pechurane	$\ddot{U}^2\ \ddot{U}$
Uraconise	$\ddot{U}$

Schelite	$Ca\ Tu^3$
Schelitine	$Pb\ Tu^3$

Tantalite
Yttrotantale
Pyrochlore
Aeschynite

Digitized by Google

Plomb	Pb	Massicot	$\dot{P}b$ ou *Pb*
		Minium	$\ddot{P}\dot{b}$
Cuivre	Cu	Zigueline	$\dot{C}u$
		Mélaconise	$\dot{C}u$ ou *Cu*
		Oxyde cobaltique	$\dot{C}o$ ou *Co*
		Oxyde cobaltique et manganique	*Co, Mn, Aq*

CLASSE.

Chromides.

Oxyde chromique	$\dot{C}r$ ou *Cr*
Sans nom	$Cr^3\ Aq$
Sidérochrome	$(fe, Ma)\ (Cr, Al)^3$
Mélanochroïte	$P\ \bar{C}r^2$
Vauquelinite	$2\ Pb\ \bar{C}r^2 + Cu\ \bar{C}r^2$
Crocoïse	$Pb\ \bar{C}r^3$

Aluminides.

Corindon	$\dot{A}l$ ou *Al*
Gibsite	$Al\ Aq$
Sans nom	$Al^2\ Aq$
Diaspore	$Al^3\ Aq$
Cymophane	$Gl\ Al^3$
Spinelle	$(Ma,$ fe$)\ Al^3$
Gahnite	$Zn\ Al^3$
Sans nom	$Ca\ Al^2 + 6\ Aq$
Plombgomme	$Pb\ Al^6 + 6\ Aq$

CLASSE.

Titanides.

$\ddot{F}e, \ddot{T}a$	Rutile, Anatase, Brockite $\ddot{T}i$ ou *Ti*
	Nigrine $\ddot{F}e, \ddot{T}i$
	Chrichtonite
	Polymignite $(Z, Y, Ca, fe,)\ Ti?$
	Perowskite $Ca\ Ti^2$
	Sphène $Ca\ Ti^2\ Si^2$

$2\ (\dot{R}^3 + \dot{R})\ \ddot{T}a + RFl^2$

$3\ \dot{R}^6\ \ddot{T}a + 2\ \ddot{Z}^2\ \ddot{T}i^3$

Stannides.

Cassitérite	$\dot{S}n$ ou *Sn*
Traces de stannates	

8.

Digitized by Google

Bismuth	Bi
Oxyde de bismuth	

Antimonides.

Antimoine	Sb

Antimoniures.

Discrase	Ag^3 Sb
Sans nom	Ag^2 Sb
Antimoniure de Nickel	Ni Sb
Antimonickel	Ni Sb^2 + Ni Su^2

Oxydes.

Exitèle	$\dot{\dot{S}}$b
Stibiconise	$\dot{\dot{S}}$b, Aq

Antimoniates.

Iridosmine	Os, I

Arsénides.

Arsenic	Ar

Arséniures.

Arséniure d'argent	Ag, A
— d'antimoine	Sb^2 A
— de bismuth	Bi, A
Smaltine	Co A
Autre	Co A
Nickeline	Ni A
Arsenickel	Ni A
Arséniure de fer	Fe A
Disomose	Ni Ar^2 + Ni Su
Cobaltine	Co Ar^2 + Co Su
Mispikel	Fe Ar^2 + Fe Su

Oxydes.

Acide arsénieux	$\dot{\dot{A}}$r

Arséniates.

Mimétèse	3 $\dot{P}b^3\dot{\dot{A}}r$ + Pb Cl

Digitized by Google

LAME.

Phosphorides.

Phosphures analogues aux arséniures dans les composés artificiels.

Phosphates.

Pyromorphite	$3\,\dot{P}b^3\,\dddot{P}h + Ca\,Fl^2$
Apatite	$3\,\dot{C}a^3\,\dddot{P}h + Ca\,(Fl, Ch)^2$
Wagnerite	$\dot{M}a^3\,\dddot{P}h + Ma\,Fl^2$
Klaprothine	$2\,\dot{M}a^3\,\dddot{P}h + \ddot{A}l^4\,\dddot{P}h^3 + 6\,Aq$
Xenotime	$\dot{Y}^3\,\dddot{P}h$

Digitized by Google

Antimoniates.

Plusieurs antimoniates des laboratoires correspondent aux arséniates. Il y en a des indices dans la nature.

Arséniates.

Pharmacolite	$\dot{Ca}^2 \dddot{Ar} + 6$ Aq
Haidingérite	$\dot{Ca}^2 \dddot{Ar} + 3$ Aq
Arsénicite	$\dot{Ca}^5 \dddot{Ar}^2 + 15$Aq
Olivénite	$\dot{Cu}^4 \dddot{Ar} +$ Aq
Euchroïte	$\dot{Cu}^4 \dddot{Ar} + 7$Aq
Aphanèse	$\dot{Cu}^6 \dddot{Ar} + 2$Aq
Érinite	$\dot{Cu}^6 \dddot{Ar} + 12$Aq
Liroconite	$2\dot{Cu}^6\dddot{Ar} + \ddot{Al}\ddot{Ar} + 32$ Aq
Scorodite	$\ddot{Fe} \dddot{Ar} + 4$Aq
Pharmacosidérite	$\ddot{Fe}^3 \dddot{Ar} + \ddot{Fe}^2 \dddot{Ar}^2 + 18$ A
Sidérétine	$\ddot{Fe}^3 \dddot{Ar} + 12$Aq
Nickelocre	$\ddot{Ni}^3 \dddot{Ar} + 8$Aq
Érytrine	$\dot{Co}^3 \dddot{Ar} + 8$Aq

Digitized by Google

Phosphates.

Amblygonite	$(\dot{L}i, \dot{N}a)^5\ \dddot{P}h + \dddot{A}l^5\ \dddot{P}h + (Li, Na, Al)\ Fl$
Chrombolite	$\dot{C}u^5\ \dddot{P}h + 6Aq$
Aphérèse	$\dot{C}u^4\ \dddot{P}h + Aq$
Sans nom	$\dot{C}u^5\ \dddot{P}h + 2Aq$
Ypoleime	$\dot{C}u^5\ \dddot{P}h + 5Aq^2$
Triplite	$(\dot{F}e, \dot{M}n)^4\ \dddot{P}h$
Triphyline	$(\dot{F}e, \dot{M}n)^5\ \dddot{P}h, \dot{L}^5\ \dddot{P}h$
Dureaulite	$4(\dot{F}e, \dot{M}n)^5\ \dddot{P}h^2 + 30Aq$
Hétérosite	$3(\dot{F}e, \dot{M}n)^5\ \dddot{P}h^2 + 5Aq$
Sans nom	$\dddot{F}e\ \dddot{P}h + 12Aq$
Delvaulxine	$\dddot{F}e^2\ \dddot{P}h + 24Aq$
Phosphate vert	$2\dddot{F}e^2\dddot{P}h + 5Aq?$
Mullicite	$\dddot{F}e^5\ \dddot{P}h^2 + 8Aq?$
Anglarite	$\dddot{F}e^4\ \dddot{P}h + 4Aq?$
Vivianite	$\dddot{F}e^3\ \dddot{P}h + 8Aq?$

Mélangés.

Digitized by Google

Antimonites.

Antimonite de nickel
Kermès $(Sb^2\ Su^5)^2\ \ddot{S}b$
Roméite $\dot{C}a^2\ \ddot{S}b^5$

Arsenites?

Condurite $\dot{C}u^6\ \ddot{A}r + 4Aq$

QUATRIÈM

Tellurides.

Tellure Te

Telluriures.

Telluriure de plomb Pb Te
— d'argent Ag Te

— de fer Fe, Te

Digitized by Google

Kakoxène	$(\dot{A}l, \dot{F}e)^5\ \dot{P}h^2 + 20\ Aq$?
Wawelite	$(\dot{A}l^4\ \dot{P}h^5 + 18\ Aq) + Al\ Fl^3$?
Uranite	$\dot{C}a^2\ \dot{P}h + \dot{U}^4\ \dot{P}h + 16\ Aq$
Chalkolite	$\dot{C}u^2\ \dot{P}h + \dot{U}^4\ \dot{P}h + 16\ Aq$

LASSE.

Séléniures. **Sulfurides.**

Soufre Su

Séléniures.

Berzeline	$Cu^2\ Se$
Clausthalie	$Pb\ Se$
Séléniure d'argent	$Ag\ Se$

Sélénio-Sulfures.

Sans nom	$Hg\ Se + 4\ Hg\ Su$

Sulfures.

Sulfure d'hydrogène	$Hy^2\ Su$
Chalkosine	$Cu^2\ Su$
Galène	$Pb\ Su$
Argyrose	$Ag\ Su$
Blende	$Zn\ Su$
Alabandine	$Mn\ Su$
Harkise	$Ni\ Su$
Covelline	$Cu\ Su$
Cinabre	$Hg\ Su$
Réalgar	$Ar\ Su$
Pyrite, Sperkise	$Fe\ Su^2$
Molybdénite	$Mo\ Su^2$
Coboldine	$Co^2\ Su^3$
Bismuthine	$Bi^2\ Su^3$
Stibine	$Sb^2\ Su^3$
Orpiment	$Ar^2\ Su^3$

Digitized by Google

Tellariures doubles?

Bornine $2Bi^2 Te^3 + Bi^2 Su^3$
Elasmose $4Pb\ Te + 2Pb\ Su + Au\ Te$?
Blättererz $2Au\ Te^3 + Sb^2 Su^3 + 18Pb\ Su$
Mullerine $2(Pb, Ag)\ Te + Au^2 Te^3$
Sylvane $Ag\ Te + 2Au\ Te^3$?

---

* C'est pour ces sortes de composés surtout qu'on simplifie beaucoup les formules en re
sentant le soufre par des *virgules* au-dessus du signe. Ainsi on a

Bournonite $\dot{C}u^3 \dddot{S}b + 2\dot{P}b^3 \dddot{S}b$ Panabase $\dot{F}e^4 \dddot{S}b + 2\dot{C}u^4 \dddot{S}b$
Polybasite $\dot{C}u^9 \dddot{S}b + 4\dot{A}g^9 \dddot{S}b$ Stannine $\dot{C}u^2 \ddot{S}n + \dot{F}e^2$ $\ddot{S}n$

Digitized by Google

Séléniures doubles.

Sans nom	$4ZnSe + HgSe^3$
—	$CoSe^2 + 6FeSe$
Euchairite	$Cu^2Se + AgSe$
Sans nom	$CuSe + PbSe$
—	$CuSe + 2PbSe$?
—	$CuSe + 4PbSe$
—	$HgSe + 3PbSe$

Sulfures doubles.

Marmatite	$3ZnSu + FeSu$
Leberkise	$FeSu^2 + 6FeSu$
Stromeyerine	$Cu^2Su + AgSu$
Chalcopyrite	$Cu^2Su + FeSu$
Phillipsite	$2Cu^2Su + FeSu$
Sans nom	$4CuSu + FeSu$
Zinkenite	$Sb^2Su^3 + PbSu$
Myargyrite	$Sb^2Su^3 + AgSu$
Sans nom	$Sb^2Su^3 + FeSu$
—	$Sb^2Su^3 + Cu^2Su$
Federerz	$Sb^2Su^3 + 2PbSu$
Argyrithrose	$Sb^2Su^3 + 3AgSu$
Proustite	$Ar^2Su^3 + 3AgSu$
Géokronite	$Sb^2Su^3 + 5PbSu$
Psaturose	$Sb^2Su^3 + 6AgSu$
Jamesonite	$2Sb^2Su^3 + 3PbSu$
Haidingérite	$2Sb^2Su^3 + 3FeSu$
Berthierite	$3Sb^2Su^3 + 4FeSu$
Plagionite	$3Sb^2Su^3 + 4PbSu$

Sulfures multiples.

Bournonite	$(Sb^2Su^3 + 3Cu^2Su) + 2(Sb^2Su^3 + 3PbSu)$
Polybasite	$(Sb^2Su^3 + 9Cu^2Su) + 4(Sb^2Su^3 + 9AgSu)$
Panabase	$2(Sb^2Su^3 + 4Cu^2Su) + (Sb^2Su^3 + 4FeSu)$
Tennantite	$(Ar^2Su^3 + 4Cu^2Su) + (Ar^2Su^3 + 4FeSu)$
Stannine	$(Sn\,Su^2 + 2Cu^2Su) + (Sn\,Su^2 + 2FeSu)$

Acides du soufre.

Acide sulfureux $\ddot{S}u$ Acide sulfurique $\dddot{S}u$ ou Su.

Digitized by Google

Sulfates simples anhydres.		*Sulfates simples hydratés.*	
Anglésine	$Pb\ Su^3$		
Barytine	$Ba\ Su^3$		
Célestine	$Sr\ Su^3$		
Karsténite	$Ca\ Su^3$	Gypse	$Ca\ Su^3 + Aq$
Thenardite	$Na\ Su^3$	Exanthalose	$Na\ Su^3 + 2Aq$
Aphthalose	$K\ Su^3$		
		Epsomite	$Mg\ Su + 5Aq$
		Gallitzinite	$Zn\ Su^3 + 5Aq$
		Cyanose	$Cu\ Su^3 + 5Aq$
		Brochantite	$Cu^4 Su^3 + 3Aq$
		Rhodhalose	$Co\ Su^3 + 7Aq$
		Mélantherie	$fe\ Su^3 + 7Aq$
		Coquimbite	$Fe\ Su^3 + 3Aq$
Sans nom	$Al\ Su^2$?	Sans nom	$Fe\ Su^2 + xAq$
		Pittizite	$Fe^2 Su + 2Aq$
		Sans nom	$Fe^4 Su + 4Aq$
		Alunogène	$Al\ Su^3 + 6Aq$
		Websterite	$Al\ Su + 3Aq$

CINQUI

Chlorides.		**Bromides.**	
Chlore	Ch		
Chlorure d'hydrogène	Hy Ch		
Calomel	Hg Ch		
Kérargyre	$Ag\ Ch^2$	Bromure d'argent	Ag
Chlorure de calcium	$Ca\ Ch^2$		
Chlorure de magnésium	$Ma\ Ch^2$		
Salmare	$Na\ Ch^2$		
Sylvine	$K\ Ch^4$		

Kérasine	$Pb\ Ch^2 + 2Pb$
Atakamite	$Cu\ Ch^2 + 3Cu + 4Aq$
Salmiac	$(Az\ Hy^3)^2 + (Hy\ Ch)$

Digitized by Google

Sulfates doubles anhydres.

Célestine de Mœn	$2Sr\,Su^3 + Ba\,Su^3$?
— de Norten	$5Sr\,Su^3 + Ca\,Su^3$
Glaubérite	$Ca\,Su^3 + Na\,Su^3$
Polyhalites	$2(Ca, Ma)\,Su^3 + Na\,Su^3$
	$2(Ca, Ma)\,Su^3 + K\,Su^3$

Sulfates doubles hydratés.

Alun de fer	$3Fe\,Su^3 + K\,Su^3 + 24Aq$
Voltaïte	$2(Fe,Al)Su^3 + (K, Na, fe)Su^3 + 4Aq$
Alun	$3Al\,Su^3 + K\,Su^3 + 24Aq$
Alunite	$3Al\,Su + K\,Su^3 + 9Aq$

SSE.

Iodides.

re de mercure $Hg\,I^2$?
- d'argent $Ag\,I^2$

Fluorides.

Fluorine	$Ca\,Fl^2$	
Yttrocérite	$Y\,Fl^2$	
Flucérine	$Ce\,Fl^3$	
Basicérine	$3Ce\,Fl^2 + Aq$	Hydrates.
Sans nom	$Ce\,Fl^2 + Aq$	
Cryolite	$2Al\,Fl^3 + 3Na\,Fl^2$	
Condrodite	$Ma\,Fl^2 + 2\dot{M}a^3\ddot{S}i$	Fluosilicates.
Topase	$\ddot{A}l\,(Si\,Fl^6)^2 + 3\ddot{A}l^2\ddot{S}i$	
Picnite	$(Si\,Fl^6)^2 + 3\ddot{A}l^2\ddot{S}i$	

Digitized by Google

Hydrogenides.		Azotides.	
		Azote et air atmosphérique	
Hydrogène	Hy	Ammoniaque	Hy^3 A
Eau	Hy ou *Aq*	Salpêtre	K A
Hydrates divers		Azotate de soude	Na A
		— de chaux	Ca A
		— de magnésie	Ma A

Sels organiques.

Mellite. Guano Humboldtite

Carbonates anhydres rhomboédriques.

Genre

Calcaire	*Ca C*	Dolomie	*Ca* C^2 + *Ma*
Giobertite	*Ma* C^2		
Sidérose	*fe* C^2		
Diallogite	*mn* C^2		
Carbocérine	*ce* C^2, Ce *Aq*		
Smithsonite	*Zn* C^2		

Carbonates hydratés.

Mysorine	*Cu C*	Malachite	2*Cu C* +
		Sans nom	*Ma* C^2 +
		Sans nom	3*Ma* C^2 +
		Natron	*Na* C^2 +
		Urao	*Na* C^3 +

Digitized by Google

CLASSE.

Carbonides.

Carbone.		*Carbures.*	
Diamant	C	Grisou	Hy^4C
Graphite	C	Naphte	Hy C
Anthracite		Scheererite	
Houille		Hatchetine	
Lignite		Elatérite	
Bois altérés		Dusodile	
Terre de Cologne		Malthe	
Tourbe		Asphalte	
Terreau		Rétinasphalte	
		Succin	

Acides.

Acide carbonique	$\ddot{C}$ ou C	Acide oxalique	$\ddot{\dot{C}}$

Carbonates anhydres prismatiques.

Genre?

Aragonite	$Ca\ C^2$
Junckerite	$fe\ C^2$
Witherite	$Ba\ C^2$
Strontianite	$Sr\ C^2$
Céruse	$Pb\ C^2$
Baryto-calcite	$Ba\ C^2 + Ca\ C^2$

Carbonates sulfatifères.

Stromnite	$4Sr\ C^2 + BaSu^3$
Lanarkite	$Pb\ C^2 + PbSu^3$
Leadhillite	$3Pb\ C^2 + PbSu^3$
Calédonite	$2Pb\ C^2 + CuC^2 + Pb\ Su^3$

Carbonates hydratifères.

Azurite	$2Cu\ C^2 + Cu\ Aq$
Magnesia alba	$3Ma\ C^2 + Ma\ Aq^4$
Zinconise	$3Zn\ C^2 + Zn\ Aq^3$

Gay-Lussite

$C^2 + Ca\ C^2 + 5Aq$

Digitized by Google

Silicides.

Quarz	Si ou *Si*
Calcédoine	
Opale	*Si, Aq*

Silicates magnésiens, calcaires

Anhydres.		*Hydratés.*	
Péridot	(*Ma, fe*) *Si*	Villarsite	$4Ma\,Si + Aq$
		Stéatite	$Ma\,Si^2 + Aq$
		Pikrosmine	$2Ma\,Si^2 + Aq$
		Pikrophyle	$3Ma\,Si^2 + 2Aq$
		Monradite	$4Ma\,Si^2 + Aq$
		Aphrodite	$4Ma\,Si^2 + 3Aq$
Talc	$Ma\,Si^3$	Magnésite	$Ma\,Si^3 + Aq$
		Stéatite	$2Ma\,Si^3 + Aq$
		Dermatine	$Ma\,Si^3 + 3Aq$
Wollastonite	$Ca\,Si^2$		
Edelforse	$Ca\,Si^3$		
		Opsimose	$mn\,Si + Aq$
Rhodonite	$mn\,Si^2$	Sans nom	$2mn\,Si^2 + Aq$
Kieselmangan	$mn\,Si^3$		
Photizite	$mn\,Si^6$	Sans nom	$mn\,Si^6 + 2Aq$
		Dioptase	$Cu\,Si^2 + Aq$
		Chrysocole	$Cu\,Si^2 + 2Aq$
Wilelmine	$Zn\,Si$	Calamine	$2Zn\,Si + Aq$
		Cérérite	$ce\,Si + Aq$
Gadolinite	$Y\,Si$	Thorite	$Th\,Si + Aq$
Phenakite	$Gl\,Si$		
Zircon	$Z\,Si$		

Digitized by Google

ASSE.

Borides.

Sassoline $Bo\ Aq$

Borates.

Boracite $Ma\ Bo^4$

Borax $Na\ Bo^6 + 10Aq$

Borosilicates.

Datholite $Ca\ Bo^3 + Ca\ Si^4 + Aq$

Botryolite $Ca\ Bo^3 + 3Ca\ Si^3 + 2Aq$

anganeux, ferreux, etc.

Hydratiferes.

ermalite $Ma\ Si + Ma\ Aq$

tigorite $3(Ma\ Si^2 + Ma\ Aq$

rysotil $3(Ma\ Si^2 + Aq) + Ma\ Aq$

rpentine $(2Ma\ Si^2 + Aq) + Ma\ Aq$

drophyte $(2Ma\ Si^2 + Aq) + Ma\ Aq^2$

allage $(4Ma\ Si^2 + Aq) + Ma\ Aq$

— $(4Ma\ Si^2 + Aq) + Ma\ Aq^3$

— $Ma\ Si^3 + Ma\ Aq$

— $3(Ma\ Si^3 + Aq) + Ma\ Aq^3$

adaïte $2(Ma\ Si^3 + Aq) + Ma\ Aq$

Doubles.

Hypersthène $(Ma, fe...)\ Si^2$

Bronzite $2Ma\ Si^2 + (fe, Ca)S$

Anthophyllite $3Ma\ Si^3 + fe\ Si^3$

Diopside $Ca\ Si^3 + Ma\ Si^3$

Hedenbergite $Ca\ Si^3 + fe\ Si^3$

Trémolite $Ca\ Si^3 + 3Ma\ Si^3$

Actinote $Ca\ Si^3 + 3fe\ Si^3$

Eudyalite $2\ Si^3 + 3(Na, Ca.)Si^2$

Digitized by Google

Silicates alumine

Anhydres.

Staurotide	$Al^2\ Si$
Disthène	$Al^5\ Si^2$
Andalousite	$Al^4\ Si^5$?
Sillimanite	$Al\ Si$
Sans nom	$Fe\ Si^2$
Lœlite	$Al\ Si^4$

*Hydrat*e.*

Lenzinite	$Al\ Si + Aq$
Kaolin	$Al\ Si + xAq$
Pholérite	$3Al\ Si + Aq$
Sans nom	$Fe\ Si + Aq$
Nontronite	$Fe\ Si^2 + Aq$
— du Hartz	$Fe\ Si^2 + 2Aq$
Severite	$Al\ Si^2 + 2Aq$
Cymolite	$Al\ Si^3 + Aq$
Felbol	$Fe\ Si^3 + 3Aq$
Anthosidérite	$3Fe\ Si^3 + 2Aq$

Silicates doubles, alumine

Anhydres calcaires, ferreux, etc.

Idocrase	$Al\ Si + Ca\ Si$
Grossulaire	$Al\ Si + Ca\ Si$
Almandine	$Al\ Si + fe\ Si$
Spessartine	$Al\ Si + mnSi$
Mélanite	$Fe\ Si + Ca\ Si$
Uwarovite	$Cr\ Si + Ca\ Si$
Ilvaïte	$Fe\ Si + 2Ca\ Si$
Méïonite	$2Al\ Si + Ca\ Si$
Zoïsite	$2Al\ Si + Ca\ Si$
Thallite	$2Al\ Si + fesi$

Anhydres à base de glucine.

Euclase	$Al^2\ Si + 2Gl$
Émeraude	$Al\ Si + Gl$

Digitized by Google

u ferriques, etc.

Hydratifères.

Allophane de Styrie	$(Al^5 Si + 3Aq) + Al\ Aq$
Ochrane, Miloschine	$(Al\ Si + Aq), Al^2\ Aq$ ou $Al\ Aq$
Allophane de Firmy	$(Al\ Si + 2Aq), Al\ Aq$
Collyrite	$(Al\ Si + 3Aq), Al\ Aq$ ou $Al\ Aq^2$

Nontronite d'Autun	$(Fe\ Si^2 + 2Aq), Fe\ Aq^2$
Halloysite de Guatéqué	$2\ Al\ Si^2 + Al\ Aq^2$
— de Silésie	$2(Al\ Si^2 + Aq) + Al\ Aq^2$
— de Liége	$2(Al\ Si^2 + 2Aq) + Al\ Aq$
— de Bayonne	$(Al\ Si^2 + Aq) + Al\ Aq$
— de Nontron	$[(Fe, Al)\ Si^3 + 2Aq] + (Fe, Al)\ Aq^2$
Wolchonskite	$[(Cr, Fe)\ Si^3 + Aq] + (Cr, Fe)\ Aq^2$

u ferriques, avec diverses bases.

Hydratés.

Conichrite	$Al\ Si + (Ma, Ca)\ Si + Aq$
Pyrosklérite	$Al\ Si + 2Ma\ Si + 2Aq$
Gigantolite	$2Al\ Si + (fe\ Ma...)\ Si + Aq$
Carpholite	$3Al\ Si + mn\ Si + 2Aq$

Digitized by Google

Silicates double

Anhydres calcaires, etc.		*Anhydres alcalins.*	
Wernérite	$3AlSi + CaSi$	Néphéline	$3AlSi + NaSi$
Anortite	$3AlSi + (Ca, K, Na)Si$		
Cordiérite	$3AlSi + Ma, Si^2$		
Labradorite	$3AlSi + CaSi^3$	Ryacolite	$3AlSi + Na, K)Si^3$
Isopyre	$3(Fe, Al)Si + CaSi^2$		
Dipyre	$2AlSi^3 + CaSi$		
		Gabronite	$3AlSi^2 + NaSi$
		Amphigène	$3AlSi^2 + KSi^2$
		Andésine	$3AlSi^2 + (Ca, Na)Si^2$
		Oligoclase	$3AlSi^2 + NaSi^3$
		Triphane	$3AlSi^2 + LSi^3$
		Achmite	$3FeSi^2 + NaSi^3$
Carnatite	$3AlSi^3 + CaSi^3$	Orthose	$3AlSi^3 + KSi^3$
		Albite	$3AlSi^3 + NaSi^3$
		Petalite	$3AlSi^3 + LSi^3$

Silicates et aluminates.

Chamoisite	$2feSi + fe^2Al + 4Aq$
Berthiérine	$2feSi + fe^3Al + Aq$
Pagodite	$4AlSi^4 + KAl^5 + 4Aq??$
Margarite	$AlSi^5 + CaAl^4?$
Saphirine	$AlSi + (Ma, Ca, fe)Al^3$

Silicates et carbonates, sulfates, phosphates.

Cancrinite	$3(3AlSi + NaSi) + CaC^2$
Hauyne	$4(AlSi + CaSi^2) + NaSu^3$
Sordawalite	$3[2(AlSi + feSi) + 3Aq] + MaPh^3$

Digitized by Google

lumineux, ferriques, etc.

	Hydratés, calcaires, alcalins.	*Hydratés, magnésiens, etc.*
homsonite	$3AlSi + CaSi + 2Aq$	
ipidolite		$3AlSi + MaSi + 3MaAq$
hlorite hexagonale		$3AlSi + MaSi^2 + 3MaAq$
ennine		$4AlSi + MaSi^3 + 4MaAq$
colézite	$3AlSi + CaSi^3 + 3Aq$	
lesotype	$3AlSi + NaSi^3 + 2Aq$	
lisingerite		$3FeSi + feSi^3 + 6Aq$
imelite		$AlSi^2 + NiSi^3 + 13Aq?$
nalcime	$3AlSi^2 + NaSi^2 + 2Aq$	
aumonite	$3AlSi^2 + CaSi^2 + 2Aq$	
erschelite	$3AlSi^2 + NaSi^2 + 5Aq$	
habasie	$3AlSi^2 + CaSi^2 + 6Aq$	
armotome	$5AlSi^2 + (Ba, Ca, K)Si^2 + 8Aq?$	
tilbite	$5AlSi^2 + CaSi^3 + 6Aq$	
eulandite	$4AlSi^3 + CaSi^3 + 7Aq$	
rewstérite	$4AlSi^3 + (Ca, Na, Sr, Ba)Si^3 + 8Aq$	

Silicates borurifères, fluorifères, chlorurifères, sulfurifères.

Tourmaline	$(Bl, Fe), (Na, Li, K, Ma, Ca), (Si, Bo)$
Axinite	$(Al, Fe, Mn), (Ca, Ma, K), (Si, Bo)$
Micas à 1 axe	$(\dot{A}l, \dot{F}e)\ddot{S}i + (\dot{M}a, \dot{K}, \dot{C}a)^3\ddot{S}i?$ $3(\dot{A}l, \dot{F}e, \dot{G}r)\ddot{S}i + (\dot{K}, \dot{N}a, \dot{M}a)\ddot{S}i$
Micas à 2 axes	$(\dot{A}l, \dot{F}e)\ddot{S}i^2 + (K, Na, Li)Fl^2$ $(\dot{A}l, \dot{F}e, \dot{M}n)\ddot{S}i^3 + (K, Na, Li)Fl^2$ $2(\dot{A}l, \dot{M}n)\ddot{S}i + K, Fl^2$
Sodalite	$(3\dot{A}l\ddot{S}i + \dot{N}a^3\ddot{S}i) + Na\,Ch^2$
Pyrosmalite	$4(\dot{F}e, \dot{M}n)^3\ddot{S}i^2 + \dot{F}e\,Aq^6 + 2Fe\,Ch^3?$
Helvine	$3(\dot{M}n, \dot{G}l, \dot{F}e)^2\ddot{S}i + \dot{M}n\,Mn\,Su$

Digitized by Google

DESCRIPTION DES MINÉRAUX

LES PLUS UTILES A CONNAITRE.

DE QUELQUES MÉTAUX NATIFS.

§ 161. Peu de corps simples se trouvent à l'état natif dans la nature, § 128; mais parmi eux il en est quelques-uns qui, pour ainsi dire, ne se rencontrent jamais autrement : tels sont surtout le *platine* et l'*or*, dont l'histoire présente d'ailleurs un intérêt général.

Platine.

§ 162. **Caractères.** — Le platine est un métal malléable, dont la couleur, à l'état de pureté, se trouve entre le blanc d'argent et le gris de plomb. C'est le plus lourd des corps connus, son poids spécifique allant jusqu'à 22,069 lorsqu'il a été travaillé; mais c'est aussi le plus inaltérable, complétement infusible au feu le plus violent de nos fourneaux, inattaquable par la plupart des agents chimiques, et ne pouvant être dissous que par l'eau régale.

État naturel et gisement. — Le platine n'a pas été trouvé jusqu'ici dans des gisements qu'on puisse regarder comme originaires; on en a reconnu seulement des indices dans des filons aurifères qui traversent des roches de fusion, comme à Antioquia en Colombie, ou dans des schistes micacés qui passent au grès par leur partie supérieure, comme dans les montagnes d'Itacolumi, province de Minas-Geraës, au Brésil; on l'a vu enfin à Bornéo en petits feuillets dans des fragments de quartz détachés des roches anciennes. Son gîte spécial actuel est dans des dépôts fragmentaires ou arénacés qui se lient plus ou moins intimement à des terrains de cristallisation dioritiques ou serpentineux *, des débris desquels

* On distingue en général deux sortes de terrains : les *terrains de cristallisation*, qui comprennent les matières de fusion et les dépôts modifiés par leur présence, et les *terrains de sédiment* (voyez *Géologie*). Les premiers n'offrent généralement ni cailloux roulés ni débris organiques, et les matières qu'ils présentent ont presque toujours un caractère cristallin : tout concourt à démontrer qu'ils ont été produits par le feu, ou du moins modifiés profondément par cet agent. Les seconds, formés évi-

Digitized by Google

ils sont formés; il s'y trouve disséminé en paillettes, en grains, rarement en rognons, ou *pépites*, d'un certain volume, dans des matières terreuses ou sableuses qui réunissent tous ces fragments. Il y est accompagné d'or au même état, et de diamants.

Ce métal a été découvert dans l'Amérique méridionale en 1741; il s'y trouve en grande quantité au Brésil, dans les provinces de Minas-Geraës et de Matto-Grosso, et en Colombie dans les provinces de Choco et de Barbacoas. Il existe aussi dans les dépôts aurifères et diamantifères de Bornéo, qui consistent en matière argileuse remplie de fragments de quartz, et liée à des roches de serpentine, d'euphotide et de diorite. On l'a trouvé en 1824, sur la pente orientale des monts Ourals, dans des circonstances tout à fait analogues à celles que nous venons de citer.

On extrait le platine des matières terreuses et sableuses, dans lesquelles il se trouve, par des lavages qui enlèvent les parties les plus légères. On soumet le résidu à l'amalgamation pour retirer l'or, et le reste forme ce qu'on nomme le *minerai de platine*, qui se présente au Brésil en petites paillettes d'un éclat argentin, et en Sibérie en gros grains irréguliers, souvent comme scoriacés, d'un gris noirâtre et peu éclatants.

§ 163. **Métaux mélangés.** — Le platine, dans ces gisements, est généralement mélangé ou même allié à diverses matières, notamment avec les métaux nommés *palladium*, *rhodium*, *iridium*, et une substance métalloïde, l'*osmium*.

Le Palladium est quelquefois en grains isolés avec le platine; c'est un métal blanc, malléable, infusible, mais attaquable par l'acide nitrique, qui en forme une solution rouge.

Le Rhodium est allié au platine; mais, inattaquable même par

---

demment sous les eaux, présentent au contraire des cailloux et des sables roulés, et un grand nombre de débris organiques : on y distingue plusieurs étages bien caractérisés par diverses circonstances.

Les diverses matières minérales forment dans ces terrains des couches, des amas et des filons, ou bien s'y trouvent disséminées.

Une *couche* est un dépôt, horizontal ou incliné, qui présente deux faces parallèles, et qui peut s'étendre indéfiniment, n'étant borné que par les escarpements des montagnes.

Un *amas* est un dépôt limité en tout sens par les matières environnantes, soit sous trois dimensions à peu près égales, soit étendu sous la forme lenticulaire entre deux couches. Les rognons (§ 63, 65) sont en quelque sorte des amas en petit.

Un *filon* est un dépôt en forme de coin, quelquefois ramifié, qui donne toujours l'idée d'une fente remplie, traversant obliquement les couches, les amas, les montagnes, et qui présente tantôt une seule matière, tantôt une réunion de matières diverses, pierreuses ou métallifères. Les très-petits filons prennent le nom de *veines*, mais les veines ne sont pas toujours des fentes remplies.

Digitized by Google

l'eau régale, il reste sous forme de poussière grise après l'action de cet agent. Cette poussière peut être agglomérée en masse métallique très-cassante.

L'Iridium est combiné avec l'osmium sous la forme de petits grains métalliques ou de lames hexagones, plus éclatants que les grains de platine, et que dès lors on en distingue assez facilement. La combinaison est inattaquable par tous les acides. L'iridium pur est dans le même cas et ne s'obtient qu'en agrégeant la poussière, qui forme alors une masse grisâtre extrêmement aigre.

§ 164. **Préparation et usage du platine.** — Par suite de l'infusibilité du platine et de l'inaltérabilité des matières mélangées, ce métal ne peut être préparé comme les autres. On attaque la mine de platine par l'eau régale, et on précipite par le chlorhydrate d'ammoniaque. Ce précipité calciné produit ce qu'on nomme le *platine en éponge :* on broie cette matière, on la réduit en poudre fine qui puisse former une boue avec l'eau, et on place cette boue dans un moule, où on la comprime graduellement, jusqu'à en rapprocher enfin les particules autant qu'il est possible. Cette première opération donne un gâteau assez solide, que l'on chauffe fortement, et qu'on martelle rapidement sur une enclume pour en rapprocher de nouveau les parties. Après cette opération, la masse peut être forgée comme le fer, puis laminée, étirée en fil, etc.

Le minerai de platine, qu'on rejetait autrefois comme inutile, dont on redoutait même l'introduction, dans la crainte qu'on ne s'en servît pour falsifier l'or, est aujourd'hui exploité avec soin, et par cela même moins coûteux; mais la longueur et la difficulté des opérations auxquelles il faut le soumettre rendent encore ce métal assez cher. Cependant, son inaltérabilité le rendant très-propre à une foule d'usages, on l'emploie dans beaucoup de circonstances ; on en fait des chaudières, des alambics, fort utiles dans les fabriques de produits chimiques, des creusets, des tubes et des capsules pour des laboratoires. On a essayé de l'employer en bijouterie, mais son poids, son peu d'éclat, sa couleur peu avantageuse, l'ont fait abandonner. On en fait en Russie des pièces de monnaie; on l'applique sur porcelaine, surtout en couverte totale, qui donne alors l'apparence de l'argenterie.

Faisons observer que l'inaltérabilité du platine n'est pas absolue; la potasse et la soude, les nitrates de ces bases, altèrent ce métal à la chaleur rouge; le plomb fondu et beaucoup d'autres métaux, le phosphore, ne peuvent être introduits dans les vases de platine, qu'ils perforent en quelques instants.

Digitized by Google

Or.

§ 165. **Caractères.** — Tout le monde a vu de l'or, ne fût-ce que sur les cadres dorés, et connaît la belle couleur jaune qui distingue ce métal de tous les autres. C'est de plus un corps très-lourd, car son poids spécifique va jusqu'à 19,36. Son inaltérabilité est aussi remarquable que celle du platine; car il résiste de même à presque tous les agents, et n'est attaqué que par l'eau régale; mais il est fusible. Ce métal est extrêmement ductile, ce qui permet de le réduire en feuilles excessivement minces, qu'on emploie pour la dorure sur bois ou autres matières analogues.

L'or se présente quelquefois en petits cristaux, cubiques ou octaèdres, diversement modifiés, souvent groupés sous formes dendritiques; on le trouve quelquefois en lames minces plus ou moins étendues à la surface de diverses matières, ou en filaments qui pénètrent dans leur intérieur. Du reste, il est souvent en paillettes, et quelquefois en pépites plus ou moins volumineuses. Fréquemment il est allié avec une certaine quantité d'argent, qui varie depuis 0,14 jusqu'à 72 pour 100.

§ 166. **Gisement; usage.** — Ce métal se trouve rarement dans des gîtes spéciaux, où il est en cristaux, en lames, en filaments, dans des filons de quartz; le plus souvent il est disséminé dans d'autres gîtes métallifères, principalement dans les minerais d'argent ou dans les matières terreuses qui les accompagnent. En Europe, ces minerais aurifères sont peu riches, et les plus renommés sont ceux de Hongrie et de Transylvanie, qui aujourd'hui couvrent à peine les frais d'exploitation. Au Mexique et au Pérou, ils sont au contraire très-riches, et surtout répandus en quelque sorte avec profusion. Certains minerais de cuivre, certains gîtes de pyrites, en renferment également, et ces derniers quelquefois en quantité assez notable pour fournir aux frais d'exploitation.

C'est surtout dans certains terrains de détritus ou d'alluvions proprement dits que ce métal se trouve en quantité considérable, comme en Colombie, au Brésil, au Chili, et sur la pente occidentale des monts Ourals. Ces dépôts, les mêmes qui renferment aussi le platine et le diamant, sont ceux qui fournissent, vu la facilité de l'exploitation, la plus grande partie de l'or qui entre annuellement dans la circulation. Dans un grand nombre de lieux il existe des sables aurifères, et c'est du milieu d'eux que les ruisseaux arrachent quelques paillettes d'or qu'ils roulent dans différentes contrées et qu'ils isolent par un lavage continuel. En France, le Rhin

Digitized by Google

et l'Ariége sont les rivières les plus renommées sous ce rapport, et quelques *orpailleurs* peuvent y gagner de 20 à 30 sous par jour. M. Daubrée, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, a fait voir que le lit du Rhin doit renfermer pour au moins 166 millions d'or, et qu'il en a été porté plus de 140 kilogrammes dans l'espace de trente ans à la monnaie de Carlsruhe. Le Pactole, comme on sait, avait une grande réputation chez les anciens. Il y a également des sables et des ruisseaux aurifères dans l'intérieur de l'Afrique, ce dont on juge du moins par le commerce de poudre d'or qui s'y fait journellement. Quelques parties de l'Asie australe paraissent aussi fort riches en or, mais on a peu de renseignements sur les gisements et les lieux d'exploitation.

L'Amérique équatoriale est en quelque sorte le pays de l'or, et généralement des métaux précieux : sur une valeur de 115 millions de francs que produisent annellement 33,000 kilogrammes d'or extraits dans les lieux connus, elle en donne environ 63. L'Amérique septentrionale, avant qu'on connût les richesses de la Californie, en produisait à peu près 8; l'Asie australe 17, dont Bornéo fournit une grande partie; la Sibérie 8; l'Afrique 13. En Europe, la Hongrie et la Transylvanie en fournissent tout au plus 4, et le reste produit à peine une centaine de mille francs. Heureusement le prestige de l'or est ici dissipé par les autres produits; le fer fournit à lui seul un produit annuel de plus de 600 millions, et les combustibles charbonneux près de 300.

Outre son usage comme monnaie, l'or est employé pour la bijouterie, et surtout pour la dorure. On l'a appliqué longtemps sur les métaux peu fusibles par l'intermédiaire du mercure, avec lequel on l'amalgamait, qu'on étendait ensuite sur la pièce, et qu'on soumettait à la chaleur pour chasser le métal volatil : c'était la dorure à l'*or moulu*, aujourd'hui abandonnée pour la méthode galvanoplastique, dans laquelle on fait à froid précipiter l'or dissous sur les pièces qu'on veut en couvrir. On emploie aussi des précipités d'or qu'on fait fondre sur la couverte des poteries, et enfin des feuilles excessivement minces qu'on colle à la surface des corps. On se sert de quelques préparations d'or en médecine.

Argent.

§ 167. Métal blanc, ductile, fusible, dont le poids spécifique est 10,47, ce qui le distingue immédiatement de l'étain, avec lequel il a quelques rapports, et qui pèse un tiers de moins. Il n'est nullement attaquable par les acides végétaux, ce qui le rend très-pré-

Digitized by Google

cieux pour les usages de la vie ; il est très-peu oxydable, et conserve en conséquence son brillant à l'air ; l'hydrogène sulfuré le ternit et le noircit, et c'est pour cela que les œufs noircissent l'argenterie dont nous nous servons habituellement.

L'argent se présente naturellement en petits cristaux octaèdres ou cubiques, presque toujours groupés sous formes dendritiques ; souvent il est en filaments, qui sont quelquefois très-minces, et fréquemment entremêlés ou comme feutrés.

A l'état métallique, l'argent se trouve à peu près dans tous les gîtes de sulfure d'argent, où quelquefois on le rencontre en masses considérables ; il est surtout très-abondant dans certaines matières argilo-ferrugineuses, qu'on nomme *pacos* au Pérou et *colorados* au Mexique, où il se trouve avec du chlorure d'argent.

L'argent natif est extrait avec soin partout où il se trouve ; mais c'est surtout le sulfure en Europe, le sulfure et le chlorure au Mexique et au Pérou, qui fournissent la plus grande partie de ce métal (§ 209, 241). La quantité d'argent extraite annuellement du sein de la terre est d'environ 1 million de kilogrammes, dont la valeur est à peu près de 200 millions de francs ; l'Amérique en fournit à elle seule les neuf dixièmes. On emploie ce métal pour les monnaies, pour les couverts, la vaisselle et beaucoup d'ornements. L'argenture se fait par les mêmes moyens que la dorure. On se sert en médecine du nitrate d'argent fondu sous le nom de *pierre infernale*, pour cautériser certaines excroissances charnues, etc.

Mercure.

§ 168. Métal liquide à la température ordinaire ; blanc d'argent, volatil. Poids spécifique, 13,60 à 0°.

Ce métal à l'état natif existe en petite quantité dans les dépôts du sulfure, ou *cinabre*. Ceux-ci, peu nombreux, se trouvent dans les parties moyennes des terrains de sédiment, près des terrains de cristallisation, et les principaux gîtes sont ceux d'Idria, près de Trieste, d'Almaden en Espagne, du Palatinat sur la rive gauche du Rhin, et de Huanca-Velica au Pérou.

L'exploitation annuelle du mercure est évaluée à 2 millions et demi de kilogrammes, dont l'Europe fournit au moins les neuf dixièmes, et dont la valeur est de 12 à 15 millions de francs. La plus grande partie est employée pour le traitement de certains dépôts aurifères, car le mercure dissout facilement l'or et l'argent, et il suffit de le triturer avec les matières où ces précieux métaux sont mélangés pour les en extraire. C'est sur cette propriété qu'est fondé

Digitized by Google

ce que l'on nomme le *procédé d'amalgamation*. Une grande partie du mercure de l'Europe passe pour cela dans l'Amérique équatoriale.

L'étamage des glaces est un amalgame de mercure et d'étain; on sait qu'on emploie le mercure pour les baromètres et les thermomètres, qu'il y a dans tous les laboratoires une cuve à mercure pour récolter les gaz, et que quelques sels, quelques préparations mercuriels, sont employés en médecine.

Cuivre.

§ 169. Métal de couleur rouge, d'une odeur désagréable, ductile, fusible, facilement attaquable par tous les corps, et se couvrant à l'air d'un enduit d'oxyde, ou de carbonate vert; produisant facilement du vert-de-gris (sous-acétate de cuivre). Poids spécifique, 8,87, lorsqu'il est écroui.

Le cuivre se présente quelquefois en cristaux octaèdres et cubiques ou en prismes rectangulaires (§ 48), le plus souvent groupés en dendrites. quelquefois en lames irrégulières, en filaments, en rognons, en petites veines dendritiques dans plusieurs matières. Il se trouve aussi en masses roulées, souvent très-pures, quelquefois d'un grand volume, et très-abondantes dans les alluvions qui avoisinent le lac Supérieur en Amérique. C'est dans ces dernières localités seulement que le cuivre natif est exploité; partout ailleurs, on le tire des sulfures, simples ou doubles, qui existent en un grand nombre de lieux. Il en entre annuellement environ 20 millions de kilogrammes dans le commerce, dont la valeur est à peu près de 76 millions de francs. Malheureusement la France est à peine pour 5 à 600,000 francs dans ce produit, et elle en tire annuellement pour 8 à 9 millions de l'étranger.

CLASSE DES SIDÉRIDES, MANGANIDES, etc.

§ 170. **Caractères du groupe.** — Nous avons ici un groupe de corps très-naturel, qui sont tous isomorphes à l'état d'oxydes du même ordre, et qui peuvent en conséquence se remplacer mutuellement dans les diverses combinaisons.

Les oxydes naturels et simples de ce groupe présentent tous trois atomes d'oxygène et deux atomes de bases; un seul forme en outre un oxyde plus élevé Mn. Deux d'entre eux qui se trouvent nettement cristallisés, le *Corindon* et l'*Oligiste*, non-seulement se rapportent au même système, mais encore sont réellement iden-

Digitized by Google

tiques, l'un offrant un rhomboèdre de 86° 10′ et 93° 50′, et l'autre la même forme de 86° 4′ et 93° 56′. L'*oxyde de chrome* donne par la fusion de petits rhomboèdres que nous n'avons pu mesurer. La forme de la *Braunite* est un octaèdre à base carrée, et celle de la *Pyrolusite* un prisme rhomboïdal.

Les *hydrates Gœthite* et *Acerdèse*, qui ont la même formule chimique, cristallisent dans le même système. Les *ferrates, manganates, chromites* et *aluminates*, désignés sous les noms d'*Aimant, Franklinite, Hausmanite, Sidérochrome, Spinelle*, qui ont la même formule, cristallisent en octaèdres réguliers, et plusieurs ont d'ailleurs tant d'analogie, qu'il est presque impossible de les distinguer immédiatement à l'œil. Le sidérochrome est souvent même un mélange de chromite et d'aluminate de fer de même formule.

Les analogies seraient encore plus évidentes et plus remarquables, si nous mettions en comparaison tous les produits de laboratoire qui se rapportent à cette division.

Parmi les corps que nous réunissons ici, il en est quelques-uns qui méritent plus particulièrement notre attention. Ce sont le *corindon* et le *spinelle*, qui fournissent à la joaillerie le rubis oriental, le saphir et le rubis spinelle; le *fer*, l'*oligiste*, la *limonite* et l'*aimant*, dont le premier nous offre une origine remarquable, et dont les autres sont des minerais importants; enfin la *pyrolusite* et l'*acerdèse*, qui servent à la préparation du chlore.

1° Groupe des Aluminides.

Ceux de ces corps qui donnent de l'eau par calcination peuvent être attaqués par les acides; ceux qui sont anhydres ont besoin d'être préalablement fondus avec la potasse ou la soude. La solution donne par l'ammoniaque un précipité abondant d'alumine, § 134, 7°.

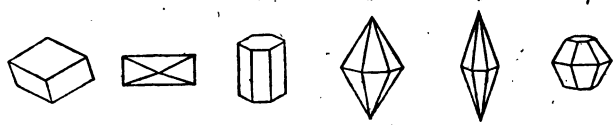
Corindon.

§ 171. **Caractères.** — Substance anhydre, vitreuse ou pierreuse, cristallisable, et se clivant alors en rhomboèdre de 80° 4′ et 93° 56′. Poids spécifique, 4,28, dans la variété connue sous le nom de *rubis*; 3,99 ou 4, dans celles qu'on nomme *saphir* et *topaze orientale*, et descendant à 3,66 dans les variétés grossières. Elle est infusible au chalumeau; sa dureté, qui ne cède qu'à celle du diamant, est assez grande pour rayer tous les autres corps. Le corindon est essentiellement formé d'alumine, mais il est souvent mélangé de diverses matières étrangères.

Les cristaux que présente cette substance sont tantôt des rhomboèdres, simples ou tronqués plus ou moins profondément au som-

Digitized by Google

met, fig. *a* et *b*, tantôt des prismes hexagones réguliers, *c*, des dodécaèdres à triangles isocèles plus ou moins aigus, *d*, *e*, ou enfin



ces mêmes dodécaèdres tronqués, *f*. On trouve aussi le corindon en rognons clivables et en masse granulaire. Quelquefois limpide, il est souvent jaune, bleu ou rouge, et plus rarement vert.

§ 172. **Gisement; emploi.** — Cette substance appartient aux terrains de cristallisation; elle s'y trouve disséminée et particulièrement dans le granit*. Cependant elle existe aussi dans ce qu'on nomme les basaltes** et dans la dolomie. On la trouve souvent hors de place, en cristaux isolés, dans les sables qui proviennent de la destruction des roches, et qui sont entraînés par les torrents et les ruisseaux.

C'est dans l'Asie méridionale (Malabar, Tibet et Chine) que le corindon se trouve en plus grande quantité, et c'est de ces contrées qu'il nous arrive en pierres toutes taillées; mais il existe aussi dans les granits des Alpes, et surtout dans les dolomies du Saint-Gothard, dans le ruisseau d'Expailly, près du Puy en Velay, où il provient des dépôts volcaniques de la contrée, etc.

Les variétés jaune, bleue et rouge, et surtout les deux dernières, sont recherchées pour la joaillerie, et désignées sous les noms de *topaze orientale*, *saphir*, et *rubis;* la variété verte, fort rare lorsqu'elle est d'une belle teinte, s'emploie aussi sous le nom d'*émeraude orientale*. Le rubis, d'une belle teinte de feu, est une superbe pierre dont la valeur dépasse celle du diamant : le saphir bleu bar-

---

* Les *granits* sont des roches composées de trois substances, *mica*, *feldspath*, *quartz* (voyez les silicates), réunies en parties à peu près égales et constituant un tout à structure granulaire. Quand ces substances sont réunies par feuillets entremêlés, la roche prend le nom de *gneiss*. Quand il n'y a que du *quartz* et du *mica*, la roche schisteuse prend le nom de *schiste micacé*. Quand le quartz disparaît aussi on donne souvent à la roche le nom de *schiste argileux*, composé de petites lamelles empilées, et passant à l'argile schisteuse. Ces trois dernières roches résultent souvent de l'action des agents ignés sur les dépôts de sédiment, et sont, à cause de cela, nommées *roches métamorphiques*.

** Les basaltes sont des matières pierreuses plus ou moins compactes, noires ou grises, qui forment des buttes isolées, des plateaux souvent très-étendus, quelquefois des coulées qui se rattachent à des cônes volcaniques. Ils sont souvent accompagnés de scories plus ou moins abondantes. (Voyez la *Géologie*.)

Digitized by Google

beau ou bleu indigo est le plus estimé, et aussi d'une grande valeur. Les variétés grossières sont recherchées pour les réduire en poudre plus ou moins fine, qu'on nomme *émeri*, et qui sert à tailler et polir les corps durs; mais on donne souvent ce nom dans le commerce à des matières tout à fait différentes.

Spinelle, gahnite, cymophane.

§ 173. Les deux premiers de ces aluminates anhydres, à base de magnésie, de zinc et de fer, se trouvent cristallisés en octaèdre régulier avec ses diverses modifications. Ce sont encore des matières vitreuses, infusibles, très-dures, qui rayent toutes les autres et ne sont rayées que par le corindon. Elles appartiennent aussi aux terrains de cristallisation, y sont disséminées comme le corindon, et se trouvent comme lui dans les sables des ruisseaux.

Le *Spinelle*, lorsqu'il est d'un beau rouge, est aussi employé dans la joaillerie, et connu sous le nom de rubis spinelle; les teintes rosâtre, lie-de-vin, etc., sont beaucoup moins estimées et prennent le nom de rubis balais; les variétés bleues sont quelquefois assez agréables et vont de pair avec les saphirs pâles. C'est aussi de l'Inde que ces spinelles nous arrivent tout taillés.

La *Gahnite*, ou aluminate de zinc, est verdâtre ou grisâtre, généralement opaque, disséminée dans des matières talqueuses. On ne la connaît encore qu'en Suède, ou près de la ville de Franklin, dans l'Amérique septentrionale.

On a nommé *Pléonaste* une matière noire où l'alumine est remplacée en tout ou en partie par le peroxyde de fer. On la trouve dans les détritus basaltiques et trachytiques, ainsi que dans certaines dolomies dont les unes font partie des débris qui enveloppent le Monte-Somma, base du Vésuve, et dont les autres sont entremêlées çà et là avec certains dépôts d'origine ignée.

Le *Cymophane* offre aussi une pierre très-recherchée dans la joaillerie, qui est susceptible d'un beau poli et qui produit un fort bel effet lorsqu'elle est taillée à facettes. On le connaît dans le commerce de pierreries sous le nom de *chrysolite orientale* et de *topaze orientale*, et on le confond souvent avec le corindon jaune, qui porte les mêmes noms.

Le cymophane est une pierre jaune ou d'un vert jaunâtre, rayant le quartz, mais rayée par le spinelle, infusible au chalumeau. On le trouve cristallisé en prismes rectangulaires, souvent modifiés sur les arêtes et sur les angles, et offrant surtout des prismes hexagones qu'on a quelquefois pris pour des corindons jaunes. Ailleurs il est

Digitized by Google

en petite masse informe. Cet aluminate, quelquefois pur et quelquefois mélangé de silice, se trouve disséminé dans les pegmatites de l'Amérique septentrionale, ou en cristaux roulés dans les sables du Brésil et de Ceylan.

2e Groupe des Sidérides.

Corps attaquables par l'acide azotique, soit avant, soit après avoir été calcinés avec la poussière de charbon. Solution précipitant abondamment en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

Fer natif.

§ 174. **Dans les pierres météoriques.** — Le fer à l'état métallique se présente en grains isolés dans les pierres qui tombent parfois de l'atmosphère, ou en masses erratiques dont quelques-unes sont aussi tombées à la vue d'un grand nombre de personnes, et dont les autres, d'après tous leurs caractères, ont eu très-probablement la même origine.

Les chutes de pierres de l'atmosphère ont été observées de toute antiquité, mais reléguées parmi les contes populaires, jusqu'à celles qui eurent lieu à Sienne, en Toscane, le 16 juin 1794; à Wold-Cottage, dans le Yorkshire, le 13 décembre 1795; à Bénarès, dans l'Inde, le 19 novembre 1798. Plusieurs savants acceptèrent alors le fait, surtout en Angleterre; mais on conserva des doutes en France, jusqu'à la chute des pierres de l'Aigle, le 26 avril 1803. Celle-ci fut constatée de telle manière, qu'il ne fut plus possible de nier, et on crut enfin aux faits nombreux qu'on avait jusqu'alors rejetés, malgré les détails les plus circonstanciés et les témoignages les plus authentiques.

Ces pierres météoriques sont des masses arrondies plus ou moins volumineuses, couvertes d'une écorce noire, quelquefois brillante et vitreuse. L'intérieur est une matière grise, composée de diverses substances terreuses ou métalliques, dont quelques-unes sont cristallisées et les autres en globules ou en petites veines. Le fer s'y trouve toujours allié avec du nickel et du chrome.

En blocs erratiques. — La chute de certains blocs de fer n'est pas moins constatée que celle des pierres. Il en tomba un à Hrasina, près d'Agram, en Croatie, le 26 mai 1751; un autre à Lahore dans l'Hindoustan, le 17 avril 1621; un troisième dans la forêt de Naundorf, en Misnie, etc. La matière en est cristalline et caverneuse; elle renferme du nickel et du chrome à l'état d'alliage, comme le fer des pierres météoriques. Or il existe aussi çà et là des masses

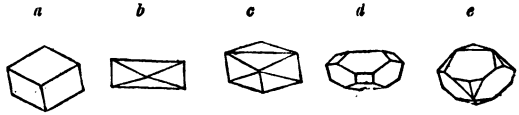
Digitized by Google

de fer plus ou moins considérables, reposant sur toute espèce de dépôts, même sur la terre végétale, également caverneuses, renfermant du nickel et du chrome, qu'on ne trouve dans aucun fer de fabrication, et il devient infiniment probable qu'elles sont aussi tombées de l'atmosphère. La plus renommée est celle qui se trouve près de la ville de Jenisseik, en Sibérie, où elle a été examinée par Pallas, et qu'on nomme à cause de cela fer de Pallas; elle est évaluée à 700 kilogrammes. Il y en a de bien plus remarquables : par exemple, une de 14,000 kilogrammes à Olumpa, près de Saint-Yago, dans le Tucuman; une de 19,000 kilogrammes aux environs de Durango, au Mexique; enfin sur les bords du Sénégal on en cite une d'un volume énorme, qu'on regarde comme la plus considérable de toutes.

Dans d'autres gisements et dans les houillères embrasées. — On a cité de petites quantités de fer natif dans diverses matières, dans du quartz, dans du peroxyde de fer, dans du carbonate de ce métal, et dans certains produits volcaniques; mais il n'y a rien là de bien positif. Il s'en est trouvé qui est plus ou moins aciéré dans les produits des houillères embrasées, par exemple à Labouiche, près de Néris, en Auvergne.

Oligiste. — *Fer spéculaire; peroxyde de fer.*

§ 175. **Caractères.** — Substance douée de l'éclat métallique, et gris-de-fer, à l'état de cristaux : rouge plus ou moins foncé à tout autre état, et dans tous les cas à poussière rouge; cristallisant en rhomboèdre de 86° 10′ et 63° 50′; infusible au chalumeau au feu d'oxydation, fondant au feu de réduction, et donnant alors un globule noir magnétique : renfermant 69 pour 100 de fer lorsqu'elle est pure.



Les cristaux sont le plus souvent des rhomboèdres, qui sont tantôt simples, fig. *a*, et tantôt tronqués profondément au sommet, fig. *b*, même jusqu'à se réduire à des lames minces, ou enfin terminés par des rhomboèdres plus obtus, et modifiés sur les angles latéraux, fig. *c*, *d*, *e*. On trouve aussi des prismes hexagones, ordinairement très-courts, des dodécaèdres tronqués au sommet, et parfois modifiés sur trois arêtes alternes.

Digitized by Google

Les grandes masses douées de l'éclat métallique sont laminaires, lamellaires, granulaires, quelquefois schisteuses, à feuillets plus ou moins épais, composés de petites écailles, et ressemblant à l'ardoise; ailleurs elles sont formées de petites écailles entremêlées, et souvent elles sont tout à fait compactes.

Les variétés non métalloïdes sont quelquefois modelées sur du carbonate de chaux, dont elles conservent les formes d'une manière plus ou moins nette; ailleurs elles sont stalactitiques à structure fibreuse, et prennent souvent alors le nom d'*hématite rouge;* enfin elles sont en masses compactes ou terreuses.

§ 176. **Gisement; usage.** — L'oligiste constitue des dépôts plus ou moins considérables dans les terrains de cristallisation, où il présente le plus souvent l'éclat métallique, et dans les dépôts de sédiment, inférieurs ou moyens, où il est presque toujours lithoïde ou terreux. Dans les premiers, il forme quelquefois des montagnes entières, comme à Gellivara en Laponie, des amas ou des filons puissants : quelquefois il remplace le mica dans les schistes micacés, sur des étendues considérables, comme à la montagne d'Itacolumi, au Brésil, et dans quelques points de la Bretagne. Dans les dépôts de sédiment, il se trouve particulièrement dans les parties qui avoisinent les terrains de cristallisation *.

---

* Pour fixer les idées, citons quelques divisions des terrains de sédiment.

Les parties les plus basses, composées de matières schisteuses, de calcaires et de roches arénacées particulières, forment ce qu'on nomme les *dépôts cumbriens, siluriens* et *dévoniens;* ils sont caractérisés par des débris d'animaux dont les genres et les espèces sont perdus. Au-dessus viennent les *dépôts carbonifères*, caractérisés par l'abondance de la houille, par des matières arénacées qu'on nomme particulièrement *grès houiller*, et différents dépôts calcaires. Plus haut se présentent diverses alternances de grès et de calcaire, *grès rouge, calcaire pénéen, grès bigarré, calcaire conchylien, marnes irisées*, jusqu'aux grands dépôts qu'on a désignés sous le nom de *formation jurassique*. Celle-ci présente à sa base le calcaire nommé *lias*, au-dessus duquel se trouvent des alternances nombreuses de calcaire compacte et oolitique; elle se termine à des dépôts particuliers de calcaire et d'argile qui préludent à la *craie*. C'est dans les bassins limités par la craie que se sont formés les *calcaires parisiens*, base des terrains tertiaires, qui sont recouverts par diverses formations, les unes marines, les autres fluviatiles.

Chacune de ces divisions peut se trouver plus ou moins rapprochée des terrains de cristallisation, et souvent se présente comme enclavée au milieu d'eux, en offrant alors des caractères et des circonstances dignes d'attention.

Digitized by Google

On trouve ce minéral en petites parties dans les granits alpins, dans les fissures des trachytes* et des laves**, dans les cratères de quelques volcans anciens ou modernes; il est alors à l'état métalloïde. Il existe à l'état terreux dans un grand nombre de lieux, où presque toujours il est mélangé de substances alumineuses; c'est alors qu'il forme ce qu'on appelle les *ocres rouges*.

L'oligiste est un des minerais de fer les plus importants, qui donne, en général, des fers très-purs. Il forme une source de richesses considérables, en quelque sorte inépuisables, pour la Suède, où il existe en abondance, et surtout à l'état métalloïde. En Toscane, il faut citer les mines célèbres de l'île d'Elbe, d'où proviennent la plupart des beaux échantillons cristallisés qu'on trouve dans les collections. En France, nous avons les mines de la Voulte, dans l'Ardèche, qui nous offrent des minerais lithoïdes et terreux, et celles de Framont, dans les Vosges, qui renferment beaucoup de parties métalloïdes au milieu des minerais compactes; il en existe aussi dans les Pyrénées.

Les variétés terreuses sont souvent employées pour les peintures grossières, sous le nom de *rouge de Prusse* et d'*ocre rouge*; les plus argileuses forment le *crayon rouge* ou la *sanguine*. Les variétés stalactitiques, qu'on nomme hématites, sont recherchées pour faire des *brunissoirs*, au moyen desquels on donne le dernier brillant à l'argenterie et à quelques métaux.

Limonite. — *Fer hydraté, mine de fer en grains.*

§ 177. **Caractères.** — Substance non métalloïde, brune ou jaune, à poussière jaune, donnant par calcination de l'eau et un résidu d'oxyde rouge, qui se conduit comme l'oligiste au feu de réduction.

La limonite est un hydrate renfermant 80 pour 100 de peroxyde de fer, et par conséquent 55 de métal. Elle présente quelquefois de *très-petits cristaux* aciculaires en prismes rhomboïdaux, portant un grand nombre de modifications sur les arêtes et les angles. Souvent elle se trouve sous des *formes empruntées*, les unes offrant des

---

* Les *trachytes* sont des roches plus ou moins âpres, plus ou moins poreuses, scoriacées même dans quelques parties, qui se lient avec des roches vitreuses, ponceuses, etc.

** On nomme *laves* les matières pierreuses que les volcans émettent dans leurs paroxysmes, et qui, à l'état de fusion pâteuse, s'étendent, sous forme de courants, sur les flancs de la montagne en se portant quelquefois jusqu'à de grandes distances.

Digitized by Google

cubes et des octaèdres dus à la décomposition du sulfure de fer, ou des boules formées autrefois par ces mêmes cristaux; les autres présentant soit des rhomboèdres groupés qui proviennent de la décomposition du carbonate de fer, soit même des formes de carbonate de chaux dont la matière première est détruite. Fréquemment aussi la limonite se présente sous forme de coquilles et de madrépores.

Cette substance se trouve aussi en *stalactites*, à structure fibreuse ou compacte, qui prennent le nom d'*hématite brune*. Souvent elle se présente en gros *rognons* creux à l'intérieur, et renfermant un noyau libre, ce qu'on nomme vulgairement *pierre d'Aigle*. Elle est très-commune sous la *forme oolitique*, à globules tantôt libres, tantôt étroitement réunis entre eux; quelquefois elle est *schisteuse* à feuillets compactes séparés par des enduits micacés. Elle se présente souvent aussi en masses compactes, tantôt pleines, tantôt caverneuses ou cloisonnées. Enfin on la trouve à l'état terreux, où elle est souvent mélangée de matière argileuse, et quelquefois d'hydrate d'alumine de la même formule, $Al^2\,Aq$, qui lui donne beaucoup de douceur; elle constitue alors l'*ocre jaune*.

§ 178. **Gisement; usage.** — La limonite appartient tout entière aux terrains de sédiment; elle y forme des amas puissants qui commencent à se montrer dans les parties les plus anciennes et au voisinage des terrains de cristallisation; elle s'étend ensuite jusque dans les dépôts les plus modernes. Elle est extrêmement abondante vers le milieu de la série sédimentaire, où la variété oolitique forme d'un côté des couches puissantes, et de l'autre des amas qui ont rempli les cavernes et les fentes des dépôts jurassiques. On en trouve plus haut des couches de même espèce qui préludent à la craie, ainsi que des dépôts terreux plus ou moins mélangés; enfin il en existe de diverses variétés, à tous les étages des terrains tertiaires, et jusque dans les alluvions superficielles les plus modernes, où elle constitue la *mine de marais*.

Cette espèce est encore un minerai précieux pour diverses contrées, et c'est elle, surtout à l'état oolitique, qui alimente la plupart des usines de la France, dans la Normandie, le Berry, la Bourgogne, la Lorraine, la Franche-Comté. On remarque en général que les couches intercalées dans les calcaires produisent des fers plus cassants que les dépôts formés dans les cavernes et les fentes du terrain, ou à la superficie du sol tertiaire. On attribue cette différence à la présence des phosphates provenant des débris organiques que renferment les premières, et qui fournissent du phosphore pendant le traitement. Lorsqu'il reste plus d'un centième de cette substance

Digitized by Google

dans le fer, ce métal n'est plus propre à aucun usage; mais, à très-petite dose, il en résulte une certaine dureté qui n'est pas sans avantage dans quelques cas.

Ces sortes de minerais, étant rarement purs, ont plus besoin que l'oligiste d'être partout bien connus de composition, pour pouvoir appliquer à leur traitement les doses convenables de fondants, qui consistent en chaux ou en silice, et dont l'objet est de former avec les matières étrangères des combinaisons fusibles qui s'écoulent en scories et laissent dégager le métal.

Les variétés terreuses, plus ou moins argileuses, sont exploitées pour la peinture, soit qu'on les emploie à l'état naturel, soit qu'on les ait préalablement lavées avec soin. La terre d'Italie, la terre d'Ombre, ne sont que des variétés mélangées d'hydrate de manganèse, qui donne à la masse un ton brunâtre; la terre de Sienne est aussi une ocre argileuse qui renferme un peu de peroxyde de fer sans eau, et qui prend alors une teinte rougeâtre, ce qu'on produit souvent par une simple calcination. On calcine l'ocre jaune pour produire l'ocre rouge en enlevant ainsi son eau.

Aimant. — *Fer oxydulé, fer oxydé magnétique.*

§ 179. **Caractères.** — Substance noire, douée de l'éclat métallique, à poussière noire; attirable au barreau aimanté et magnétique; fusible au chalumeau au feu de réduction, et n'éprouvant alors aucune altération.

Cette substance, comme l'indique le signe, est formée de peroxyde de fer combiné avec du protoxyde, environ 69 de l'un et 31 de l'autre, et offrant en tout 72 pour 100 de métal; c'est par conséquent le minerai de fer le plus riche. Sa cristallisation, toute différente de celle de l'oligiste, se rapporte au système cubique, les cristaux sont le plus souvent des octaèdres simples ou modifiés, quelquefois des dodécaèdres rhomboïdaux. En masse, cette matière est laminaire, lamellaire ou compacte, quelquefois terreuse.

§ 180. **Gisement et usage.** — L'aimant appartient exclusivement aux terrains de cristallisation. Souvent il est disséminé en cristaux dans diverses roches, et surtout dans les roches magnésiennes; mais il forme aussi dans diverses localités des dépôts immenses, tantôt en montagnes entières, comme à Taberg, en Smolande, tantôt en bancs épais qui se succèdent et se répètent plusieurs fois sur une hauteur considérable. C'est surtout en Suède et en Norvége qu'il est abondant, où il offre le plus excellent minerai, et le plus facile à traiter. Le fer qu'on en obtient est le plus pur

Digitized by Google

que l'on connaisse, ce qui le fait rechercher dans toutes les parties de l'Europe pour certains ouvrages auxquels il est le plus propre par sa douceur; c'est le seul qui produise de bon acier fondu. Mais on conçoit que, par cette douceur même, il soit impropre à tout ce qui exige un peu de roideur, et qu'on préfère alors les fers plus ou moins impurs de diverses localités.

Les variétés compactes de cette substance, surtout celles où l'on ne trouve plus l'éclat métallique, et dans lesquelles il existe fréquemment des mélanges soit de peroxyde de fer, soit d'hydrate de ce peroxyde, constituent ce qu'on nomme la *pierre d'aimant*, plus recherchée autrefois qu'aujourd'hui.

Observation. — Nous verrons plus tard d'autres espèces de minerais de fer qui ont aussi leur importance; savoir : d'une part le carbonate, de l'autre un alumino-silicate, qui forme de grands dépôts confondus jadis avec le minerai de fer en grains.

3e Groupe des Manganides.

Corps donnant tous plus ou moins de chlore par l'action de l'acide chlorhydrique. Donnant par la fusion avec la soude une fritte verte, soluble dans l'eau, qu'elle colore en vert, et dont il se précipite peu à peu de l'oxyde brun.

Pyrolusite. — *Peroxyde de manganèse.*

§ 181. **Caractères.** — Matière douée de l'éclat métallique, gris d'acier, et à poussière d'un noir décidé, qui la distingue de toutes les autres espèces; cristallisant en prismes rhomboïdaux obliques, infusible au chalumeau et devenant rouge brun au feu de réduction : produisant une vive effervescence par la fusion avec le verre de borax, et donnant ensuite un verre violet améthyste.

La pyrolusite, Mn, est celui des oxydes de manganèse qui renferme le plus d'oxygène, dont il perd 12 pour 100 par l'action de la chaleur rouge suffisamment prolongée, pour se transformer en oxyde rouge, désigné par les minéralogistes sous le nom d'hausmanite, et analogue par sa composition, *mn* Mn^3, au ferrate de fer que nous venons de décrire.

Cette substance se trouve assez souvent en cristaux prismatiques allongés, groupés en masses bacillaires ou fibreuses; elle se présente aussi sous forme mamelonnée, et constitue en grand des masses compactes, quelquefois caverneuses, dont les cavités sont remplies par la variété à l'état terreux.

§ 182. **Gisement; usage.** — Les gîtes de pyrolusite appartiennent aux terrains de cristallisation comme aux terrains de sédi-

Digitized by Google

ment : ce sont des amas plus ou moins considérables, exploités partout où ils se trouvent à proximité des routes. Les localités les plus connues en France sont la Romanèche, près de Mâcon, les environs de Périgueux, Calvéron dans le département de l'Aude, etc. Les dépôts renferment quelquefois aussi un hydrate du même oxyde, $\dot{M}n\ Aq$, qui en constitue parfois la presque totalité, surtout à Groroï dans la Mayenne, à Vic-Dessos dans l'Ariége, etc.

La pyrolusite est la matière avec laquelle on prépare le chlore et l'eau de Javelle dans les fabriques de toiles peintes et les blanchisseries. On l'emploie dans les verreries pour purifier le verre des teintes jaunes produites par le charbon, qui se trouve alors brûlé par l'oxygène que la chaleur dégage; mais, si l'on dépasse la dose nécessaire, le verre prend une couleur violette, ce que l'on voit souvent dans les verres blancs communs. C'est en chauffant la pyrolusite dans une cornue qu'on prépare l'oxygène dans les laboratoires, lorsqu'il n'est pas nécessaire de se le procurer au plus grand état de pureté.

Pour ces divers usages, il faut, autant que possible, se procurer les minerais purs, non-seulement exempts de matières étrangères, mais encore de toutes les autres espèces manganiques distribuées dans le tableau; celles-ci, renfermant beaucoup moins d'oxygène, diminuent d'autant l'action du minerai auquel elles sont associées. On a soin d'essayer ces matières pour fixer leur valeur commerciale, ce qui se fait en cherchant d'un côté combien une quantité donnée de minerai produit de chlore, et, de l'autre, combien elle dépense d'acide chlorhydrique; on calcule par là le prix du litre de chlore pour chaque matière. Le peroxyde de manganèse pur ne doit consommer qu'une quantité d'acide chlorhydrique double de celle que produit le chlore obtenu; or certains mélanges de pyrolusite avec l'acerdèse, les oxydes de fer, le calcaire, etc., en dépensent plus du quadruple, ce qui montre immédiatement la différence de prix que ces matières doivent avoir.

Acerdèse (ἀκερδής, non profitable).

§ 183. **Caractères.** — Substance d'un éclat métallique lorsqu'elle est cristallisée, et mate dans le cas contraire; toujours à poussière brune, ce qui la distingue immédiatement de la précédente; donnant de l'eau par calcination, et faisant peu d'effervescence quand on la fond avec le borax.

On trouve quelquefois l'acerdèse en prismes rhomboïdaux droits, fréquemment groupés entre eux et composant des masses bacillaires

Digitized by Google

ou fibreuses, quelquefois à fibres très-fines peu agrégées. Elle se trouve aussi en petites masses mamelonnées, en stalactites, ou en enduit plus ou moins épais sur les stalactites de limonite. Elle existe également en globules formés de couches concentriques, comme la limonite en grains, dont elle est alors plus ou moins mélangée. Quelques petits nids, ou certains enduits, sont composés d'écailles brillantes, métalloïdes, plus ou moins agrégées, et passent à des variétés terreuses. C'est cette matière qui produit les herborisations noires à la surface de certains calcaires.

La composition de cette espèce est fort différente de la première, car non-seulement c'est un hydrate, mais encore l'eau s'y trouve combinée avec un oxyde inférieur à celui qui constitue la pyrolusite. C'est pour cela qu'il y a peu d'effervescence avec le borax : aussi la substance ne dégage-t-elle que 3 pour 100 d'oxygène à la chaleur rouge ; il en résulte qu'elle doit avoir moins de valeur commerciale, en la supposant même à l'état de pureté, et qu'elle est surtout très-impropre pour la préparation de l'oxygène.

Cette substance forme encore des gîtes considérables dans tous les terrains; elle est même plus abondante que la pyrolusite, avec laquelle d'ailleurs elle est souvent mélangée. Les dépôts de Laveline dans les Vosges, de la Voulte dans l'Ardèche, de Saint-Jean de Gardonnenque dans les Cévennes, de l'abbaye de Sept-Fonts dans l'Allier, etc., en sont presque entièrement composés.

Observation. — Nous ne parlerons pas de la *Braunite*, oxyde anhydre analogue à l'oligiste, parce qu'elle est peu abondante; ni de l'*Hausmanite*, qui n'est que l'oxyde rouge qu'on obtient par la calcination, et qui est encore plus rare. La *Psilomélane* n'a d'intérêt que comme combinaison naturelle encore peu connue d'un oxyde de manganèse avec une base; elle accompagne surtout la pyrolusite de Romanèche, mais se trouve aussi avec celle de Périgueux, et dans plusieurs autres localités. Ce qu'on a nommé l'*oxyde rouge de zinc* est une autre combinaison du même genre avec les oxydes de fer et de zinc.

4e Groupe des Chromides.

Corps donnant par la fusion avec la soude une matière d'un beau vert-pré au feu de réduction, et une matière jaune au feu d'oxydation.

§ 184. L'oxyde de chrome pur, qui est de couleur verte, est peu commun et peu important dans la nature. La combinaison avec le protoxyde de fer, ou Sidérochrome, qui est plus abondante, présente un corps analogue à l'aimant où l'oxyde de chrome joue le rôle du peroxyde de fer. C'est une matière noire, métalloïde, cristalli-

Digitized by Google

sant en octaèdre, infusible au chalumeau et y devenant attirable à l'aimant. Elle forme des nids ou des amas dans les serpentines du département du Var, et en Amérique près de Baltimore, etc. On la connaît aussi hors de place sous la forme de sable noir, à l'île aux Vaches à Saint-Domingue, et on l'a confondue alors avec les titanates de fer.

On exploite ce chromite de fer pour fabriquer le chromate de potasse, qui sert à préparer le chromate de plomb, ou *jaune de chrome*, dont on fait usage en peinture et même dans la teinture, où il donne un jaune solide. On en fabrique aussi l'oxyde vert de chrome, dont on se sert sur émail et sur porcelaine.

Le *chromate de plomb*, ou Crocoïse, semblable à celui qu'on prépare artificiellement, se trouve dans la nature en cristaux prismatiques allongés, obliques, d'une couleur rouge orangé assez intense. On ne le rencontre qu'en petites quantités, en veines, dans des roches quartzeuses micacées, aurifères, à Bérésof en Sibérie, où il est accompagné de Vauquelinite et de Mélanochroïte.

CLASSE DES URANIDES, MOLYBDIDES, TANTALIDES, TUNGSTIDES, TITANIDES, STANNIDES.

§ 185. Nous réunissons ici des matières qui ont quelques analogies avec les précédentes par les oxydes à trois atomes, et qui en présentent surtout entre elles, comme on le voit dans les tantalides, les tungstides, les titanides et les stannides, dont les oxydes paraissent pouvoir se remplacer mutuellement dans les combinaisons. Il y a dans ce groupe peu de corps importants pour quiconque ne doit pas s'occuper spécialement de minéraux; et quelques mots seront suffisants pour la plupart d'entre eux.

§ 186. Les Uranides nous offrent l'urane à deux degrés d'oxydation. Le plus élevé présente une matière jaune pulvérulente sous forme de légers enduits à la surface de l'autre. Le plus bas, qui provient principalement de quelques dépôts argentifères de Saxe et de Bohême, est une matière noirâtre, d'un éclat gras, fort pesante, infusible au chalumeau, soluble dans l'acide azotique, et précipitant en rouge sanguin par le cyanure ferroso-potassique. C'est l'espèce qui fournit à toutes les préparations d'urane de nos laboratoires.

§ 187. Les Molybdides ne renferment que l'*acide molybdique*, enduit pulvérulent sur le sulfure de molybdène, et le molybdate de plomb *Pb Mo*^{3}, nommé *plomb jaune*, à cause de sa couleur. Celui-ci provient particulièrement de Bleyberg en Carinthie, où il se trouve dans un gîte de minerai de plomb; il est en cristaux du

Digitized by Google

système prismatique carré, et le plus souvent en prismes très-courts ou en lamelles oblitérées qui en dérivent.

§ 188. Les Tantalides n'offrent jusqu'ici que des substances très-rares, à base de fer, de manganèse, d'yttria, de cérium, de zircone, etc., qui se trouvent disséminées dans les terrains de cristallisation en Bavière et en Suède.

§ 189. Les Tungstides nous présentent trois combinaisons d'acide tungstique, toutes trois très-pesantes : la Scheelite *Ca Ta*^{3}, la Scheelitine *Pb Ta*^{3}, qui sont isomorphes, toutes deux blanches et en octaèdres à bases carrées, et le Wolfram ou scheelin ferruginé, combinaison double à base de protoxyde de fer et de protoxyde de manganèse. Le wolfram présente une matière noire et vitro-métalloïde, cristallisée en prismes rhomboïdaux obliques clivables sur les diagonales. Il est assez commun, et se trouve abondamment en France dans les granits de Chanteloube et de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne), où d'ailleurs on trouve aussi la scheelite. Ces trois matières accompagnent souvent aussi les dépôts de minerai d'étain, et en ont été fréquemment regardées comme les indices. C'est du wolfram qu'on extrait l'acide tungstique, pour l'usage des laboratoires.

§ 190. Les Titanides renferment d'abord trois substances, *Rutile*, *Anatase*, *Brookite*, qui ne paraissent être autre chose que l'acide titanique sous deux formes différentes et peut-être même sous trois.

Le Rutile, ordinairement d'un rouge brun, cristallise dans le système prismatique à base carrée, et ses cristaux, ordinairement prismatiques, offrent souvent des groupements plus ou moins analogues à ceux de l'oxyde d'étain, quelquefois comme ceux que nous avons indiqués, fig. 267. Il se trouve abondamment disséminé dans les terrains granitiques, comme à Saint-Yrieix (Haute-Vienne), et à Gourdon (Saône-et-Loire), dans les Alpes et dans un grand nombre de lieux.

L'Anatase, beaucoup plus rare, est ordinairement de couleur bleue et toujours en octaèdre à base carrée. Le Brookite est en lames minces, brunâtres, qui se rapportent au système prismatique rectangulaire.

Il n'y a de *titanate* bien déterminé que la Perowskite qui est à base de chaux et vient de l'Oural. Le Sphène est un silicio-titanate qui offre des prismes rhomboïdaux extrêmement variés dans leurs modifications. Il se trouve abondamment disséminé dans certains dépôts granitiques des Alpes, principalement autour du Saint-Gothard, ou dans diverses roches amphiboliques qui font partie des terrains granitiques, comme en Auvergne, en Bretagne, etc.

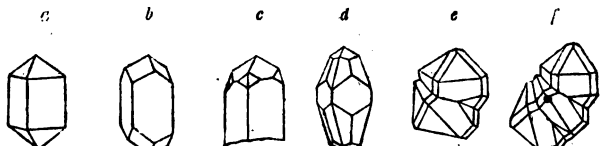
Digitized by Google

On pense aujourd'hui que les matières qu'on a nommées titanates de fer sont des mélanges de peroxyde de fer avec un oxyde de titane de même formule qui lui serait isomorphe. La Chrichtonite, qui en est peut-être la cristallisation ordinaire, se trouve en petits rhomboèdres aigus profondément tronqués, et le plus souvent en lames minces rappelant l'oligiste disséminé dans les terrains de cristallisation, et avec lequel elle se trouve à Saint-Christophe en Oisan. La nigrine (iserine, ilménite, ménakanite) cristallise dans le système cubique, peut-être par effet de dimorphisme; elle est tantôt disséminée dans les roches de cristallisation, tantôt sous la forme de sables noirs, composés de petits octaèdres, dans les ruisseaux des terrains basaltiques et trachytiques.

Oxyde d'étain. — *Cassitérite, mine d'étain.*

§ 191. **Caractères.** — L'oxyde d'étain naturel est une matière ordinairement brune, rarement blanche, cristallisant dans le système prismatique à base carrée comme le rutile, dont il est isomorphe; il est infusible au chalumeau, se réduit difficilement, à moins qu'on n'ajoute de la soude. Il est attaqué, quoique difficilement, par l'acide chlorhydrique, et la solution donne un précipité pourpre par le chlorure d'or. A l'état de pureté, il renferme 79 pour 100 d'étain métallique.

Les cristaux sont le plus souvent des prismes à bases carrées, terminés par des sommets à quatre faces, et modifiés de diverses manières, fig. *a, b, c;* quelquefois ils offrent des pyramides à huit faces à chaque sommet, tantôt simples, tantôt modifiées sur les angles ou les arêtes, fig. *d.* Très-fréquemment les cristaux sont groupés deux à deux, et même en plus grand nombre, fig. *e, f.*



L'oxyde d'étain se trouve aussi en stalactites et en stalagmites à structure fibreuse, qui, le plus souvent, sont en fragments roulés, où les diverses couches d'accroissement se distinguent par des teintes différentes et imitent assez bien les couches de certains bois; de là le nom d'*étain de bois.*

Digitized by Google

§ 192. **Gisement; usage.** — L'oxyde d'étain appartient aux terrains de cristallisation, où il est assez souvent disséminé, mais où il forme aussi des amas puissants, et rarement des filons. Il existe même dans la partie inférieure des terrains de sédiment, mais toujours dans le voisinage des roches cristallines qui s'y rattachent. Dans diverses localités il se trouve en cailloux roulés dans certains dépôts d'alluvion; c'est ainsi qu'il est dans tous les dépôts exploités au Mexique, et qu'on le connaît en Cornouailles, aussi bien que sur la côte de Piriac en Bretagne.

L'oxyde d'étain est partout le minerai dont on retire l'étain. Il est assez abondamment répandu dans la nature, mais la France n'en possède que des indices sur la côte de Piriac en Bretagne, et à Vaulry près de Limoges. L'Angleterre, et principalement le Cornouailles, est, sous ce rapport, le pays le plus riche de l'Europe; elle livre annuellement au commerce environ trois millions de kilogrammes d'étain; la Saxe et la Bohême n'en produisent pas trois cent mille kilogrammes. Il en vient beaucoup de l'Asie méridionale, de la Chine, du pays de Malacca, de Sumatra, de Banca, etc., où le minerai paraît être extrêmement abondant. L'étain de Malacca est le plus pur.

CLASSE DES ANTIMONIDES, ARSÉNIDES, PHOSPHORIDES.

§ 193. **Caractères généraux.** — L'étain, dont nous venons de voir les minerais, établit une liaison entre le groupe actuel et le précédent : d'un côté, par les combinaisons oxygénées, qui font de part et d'autre fonction d'acide; de l'autre, par des chlorures, qui jouent le même rôle. Les chlorures d'étain, d'antimoine et de bismuth ont de grandes analogies, quoique le premier cependant ne paraisse pas être isomorphe des deux autres.

L'antimoine et l'arsenic jouent le même rôle dans les combinaisons où ils se trouvent à l'état métallique. Les antimoniures et les arséniures de même formule sont isomorphes, ce que nous présente l'*Antimonickel*, la *Disomose*, la *Cobaltine*, et ce qu'on observe encore dans les produits artificiels; c'est aussi par ces derniers qu'on peut comparer les phosphures avec les arséniures et les antimoniures, dont ils sont également isomorphes. Les arséniates et les phosphates ont de telles analogies, qu'on ne peut les distinguer au premier moment, et le peu d'antimoniates que nous connaissons dans les laboratoires nous présentent les mêmes résultats.

Digitized by Google

Les matières qui composent cette classe de corps nous offrent surtout trois groupes dans lesquels nous distinguerons quelques substances qui sont particulièrement utiles aux arts, ou remarquables comme objets d'histoire naturelle.

1° Groupe des Antimonides.

Corps offrant immédiatement, ou donnant par calcination, une matière blanche volatile par la chaleur, § 134, 1° et 135 2°, attaquable par l'acide chlorhydrique, dont elle précipite en blanc par l'eau et en jaune par les sulfhydrates.

§ 194. Antimoine. — Ce métal se trouve à l'état libre dans la nature. Lorsqu'il est pur, il approche du blanc d'argent: mais, lorsqu'il s'y trouve une petite quantité d'arsenic, il prend une teinte bleuâtre, et surtout noircit à l'air. Il n'est connu qu'en petites masses lamellaires dans les minerais arsénifères.

L'antimoine du commerce est extrait du sulfure d'antimoine. Son emploi le plus remarquable est pour la composition des caractères d'imprimerie, formés de 1 d'antimoine et de 4 de plomb. On l'allie avec l'étain pour les couverts de composition; 18 d'antimoine et 100 d'étain forment ce qu'on a appelé *métal du prince Robert*, qui est dur, blanc d'argent, et reçoit un beau poli. L'oxyde d'antimoine entre dans la composition de l'émétique, dans la poudre d'Algaroth, le kermès minéral, etc.

Il existe peu d'antimoniures naturels. Celui d'argent (*Discrase*) cristallise en prismes rectangulaires, et se trouve en petite quantité dans les mines d'argent arsénifères. On connaît un oxyde naturel de ce métal en aiguilles nacrées, de même nature que ce qu'on nomme les fleurs argentines d'antimoine dans les fabriques de produits chimiques, qui correspond à l'acide arsénieux. Le même oxyde hydraté forme des enduits terreux blancs à la surface des sulfures d'antimoine. Comme *antimonides*, on trouve le *Kermès*, dont la base même est le sulfure d'antimoine; c'est une substance rouge-brun, souvent en aiguilles cristallines qui se rapportent au prisme rhomboïdal. La *Roméite* est un exemple de composé d'un autre ordre.

§ 195. Bismuth. — Nous devons réunir ici le bismuth par suite de l'analogie que ses composés artificiels présentent avec les antimoniures de même formule; mais dans la nature on ne connaît ce corps qu'à l'état libre ou combiné sous le rôle électro-positif dans les sulfures et les telluriures.

Le bismuth est un métal d'un blanc rougeâtre, très-fusible, disséminé en petits nids dendritiques dans les dépôts d'arséniures de

Digitized by Google

cobalt, qui font partie des gîtes argentifères. Il est peu commun dans la nature, et surtout peu employé dans les arts. On s'en sert principalement pour former l'alliage de Darcet, qui fond à la température de l'eau bouillante, et dont on fait des plaques de sûreté dans les chaudières à vapeur.

2e Groupe des Arsénides.

Matières dégageant des vapeurs arsenicales, qu'on reconnaît à l'odeur d'ail, soit par simple grillage, soit par calcination avec de la poussière de charbon.

Arsenic.

§ 196. Substance d'un éclat métallique dans la cassure fraîche, et noircissant promptement à l'air; volatil à l'état métallique dans le tube fermé, et donnant de l'acide arsénieux en petits cristaux lorsqu'on la grille dans le tube ouvert.

L'arsenic se trouve en petites masses bacillaires et fibreuses, ou mamelonnées à la surface, et composées de couches concentriques. C'est une substance assez commune, quoique peu abondante, qui se trouve dans les gîtes métallifères, principalement dans ceux de sulfure d'argent et d'oxyde d'étain.

ARSÉNIURES.

§ 197. Smaltine. — Les arséniures les plus importants sont ceux de cobalt, dont il y a au moins deux espèces. Le biarséniure porte particulièrement le nom de *smaltine* ou *cobalt arsenical*. C'est une substance métallique gris d'acier dans la cassure fraîche, et qui se ternit à l'air; elle cristallise en cubes diversement modifiés, ou se trouve en petites masses dendritiques qui forment ce qu'on nomme le *cobalt tricoté*. Ailleurs elle est mamelonnée ou globulaire, à structure fibreuse, ou enfin en masses compactes. Celles-ci, qui en général noircissent à l'air, paraissent renfermer souvent des arséniures de la formule Co^2Ar^5.

Le biarséniure, à l'état de pureté, renfermerait 28 de cobalt et 72 d'arsenic; mais il est souvent mélangé d'arséniures de différents ordres qui font varier les quantités de cobalt, d'où résultent des minerais de plus ou moins de valeur, et d'ailleurs très-souvent salis par des arséniures de nickel, de fer, etc.

Ces arséniures ne forment pas de gîtes à eux seuls; ils font partie des dépôts de sulfure d'argent et de chalkopyrite, principalement

Digitized by Google

dans les terrains de cristallisation, comme en Saxe, en Bohême, etc., et rarement dans les terrains de sédiment entremêlés avec les premiers, comme à Sainte-Marie-aux-Mines dans les Vosges, dans la Hesse, le Hanau et la Thuringe. Partout ils sont exploités ou au moins récoltés pour la préparation de l'oxyde de cobalt, et, le plus souvent, pour en fabriquer des verres bleus nommés *smalt*, qu'on emploie comme couleurs. Les produits les plus beaux, réduits en poudre fine, se débitent sous le nom d'*outremer*, qu'il ne faut pas confondre avec l'outremer proprement dit, § 352; les autres se vendent sous le nom d'*azur*. On débite aussi sous le nom de *safre* le résidu du grillage des minerais de cobalt, mélangé de sable siliceux, qui, par la fusion ultérieure, produisent des verres bleus. Tous les bleus sur porcelaine, sur émail, sur les poteries, même les plus communes, et tous les verres bleus sont formés avec des préparations de cobalt. Le *bleu Thénard* est un aluminate de cobalt, qu'on obtient en mêlant des dissolutions d'alun et de cobalt, précipitant par un alcali et calcinant : c'est ce bleu qu'on obtient dans l'essai des substances alumineuses, § 137, 2°.

Le cobalt extrait du sein de la terre, et converti en smalt, en oxyde, en préparations diverses, offre un produit annuel d'environ 3 millions de francs. La Saxe et la Suède en fournissent la plus grande partie; mais, dans la dernière de ces contrées, la matière qu'on travaille est en général le sulfarséniure, substance plus pure dont nous parlerons tout à l heure.

§ 198. Nickéline. — Il se trouve dans la nature des arséniures de nickel qui correspondent aux arséniures de cobalt, dont sans doute ils sont isomorphes. Le plus commun est un simple arséniure NiAr, qu'on nomme *nickel arsenical* ou *Nickéline*. C'est une matière douée de l'éclat métallique, rougeâtre, se ternissant lentement à l'air. On ne la connaît pas cristallisée. Elle est attaquable par l'acide azotique, auquel elle communique une belle couleur verte; la solution devient bleue par l'addition de l'ammoniaque, et précipite en vert par la potasse.

On connaît aussi un biarséniure $NiAr^2$, qui présente les mêmes caractères chimiques, mais qui est gris d'acier, assez brillant et inaltérable à l'air. Il cristallise en cube, par conséquent comme la smaltine, à la formule de laquelle il correspond.

Les diverses analyses qu'on connaît, et qui sont souvent fort compliquées par des mélanges divers, semblent indiquer aussi comme pour le cobalt l'existence d'un composé $Ni^2\,Ar^3$, qu'on n'a pas encore trouvé isolé.

Ces substances accompagnent presque partout les arséniures de

Digitized by Google

cobalt, et s'exploitent en même temps qu'eux. On en prépare par la fusion une matière métallique rougeâtre nommée *speiss*, qui entre dans le commerce et sert à toutes les préparations du nickel, dont elle renferme une grande quantité avec de l'arsenic, du soufre, quelques traces de cobalt et de cuivre.

Le nickel, allié en petite quantité au laiton, forme le *maillechort*, matière connue depuis longtemps en Chine sous le nom de *packfung*, qui imite parfaitement l'argent et qu'on emploie beaucoup aujourd'hui. Si elle se ternit un peu à l'air, elle se nettoie avec la plus grande facilité et reprend tout son brillant.

SULFO-ARSÉNIURES.

§ 199. Cobaltine. — On connaît dans la nature plusieurs combinaisons d'arséniures et de sulfures des mêmes bases. La plus intéressante est le sulfo-arséniure de cobalt, qu'on nomme aussi *cobalt gris*, *cobalt éclatant* et *Cobaltine*. C'est une matière d'un éclat métallique assez vif, blanc d'argent ou blanc rougeâtre, qui cristallise dans le système cubique, et se clive en cube. C'est à cet état qu'on la rencontre le plus souvent, et les cristaux offrent les défauts de symétrie dont nous avons parlé, § 45, 3°; c'est-à-dire qu'ils sont en cubes passant au dodécaèdre pentagonal, en dodécaèdres, en icosaèdres, où les faces de l'octaèdre sont plus ou moins développées. Elle possède à peu près les caractères chimiques de la smaltine, si ce n'est qu'on y reconnaît aussi l'indice du soufre par le grillage.

La cobaltine se trouve particulièrement en Suède et en Norvege, en amas plus ou moins considérables, dans les terrains cristallins, avec la chalkopyrite. Elle est généralement plus pure que la smaltine, et aussi plus riche en cobalt, dont elle renferme 35 pour 100: elle est partout exploitée avec soin et employée aux mêmes préparations que le simple arséniure.

§ 200. Disomose. — C'est une substance gris d'acier à base de nickel, qui, par les indices de cristallisation et de clivage, rappelle la cobaltine et en est isomorphe. Elle n'est encore connue qu'en Suède, où elle accompagne la cobaltine. On l'a nommée aussi *nickel gris*.

§ 201. Mispikel. — Ce sulfarséniure de fer, composé comme les précédents, ne cristallise plus dans le système cubique; il se trouve, peut-être comme effet de dimorphisme, en prismes rhomboïdaux droits, tantôt isolés, tantôt groupés en petites masses bacillaires; on le connaît aussi à l'état compacte ou granulaire. Il a

Digitized by Google

l'éclat métallique et la couleur blanc d'argent ou jaunâtre. Attaquable par l'acide nitrique, sa solution précipite abondamment en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

Ce minéral se trouve souvent disséminé dans certains dépôts des formations cristallines, ou dans divers amas métallifères, particulièrement ceux d'oxyde d'étain; mais il forme aussi des gîtes en quelque sorte à lui seul, soit en amas, soit en filons. Il est exploité dans quelques endroits pour en tirer l'arsenic, avec lequel on prépare le *réalgar* et l'*orpiment* des peintres, ou l'acide arsénieux, qui sert à fabriquer le vert de Scheele (arsénite de cuivre), employé en peinture et sur les papiers peints.

ARSÉNIATES.

§ 202. Il n'y a pas un corps important à connaître dans les minéraux de cette série; cependant quelques-uns peuvent fixer l'attention par leurs compositions, leurs formes ou leurs couleurs.

L'*arséniate de plomb*, ou Mimétèse, est une substance ordinairement jaunâtre, cristallisée en prismes hexagones réguliers très-nets, qui nous offrent un arséniate combiné avec un chlorure.

Les *arséniates de chaux* présentent de très-petits cristaux ou des houppes blanches cristallines, le plus souvent accompagnés et même colorés par l'arséniate rose de cobalt.

Les *arséniates de cuivre* sont remarquables par leurs couleurs vert-pré, vert sombre, vert bleuâtre, ou par les dispositions des variétés fibreuses.

Le plus commun des *arséniates de fer* est la Sidérétine, matière brune très-fragile, brillante dans la cassure et qui rappelle la colophane. Elle se forme journellement dans les mines, et se trouve souvent mélangée de sulfate de peroxyde de fer, ce qui montre qu'elle est due à la décomposition des sulfo-arséniures.

L'*arséniate de cobalt*, ou Érythrine, est d'une belle couleur violette lorsqu'il est en cristaux, et rose dans les variétés pulvérulentes. Parmi celles-ci, il en est qui sont mélangées d'une assez grande quantité d'acide arsénieux qui leur donne une teinte plus pâle et tirant sur le lilas. L'*arséniate de nickel*, de couleur vert-pomme, forme des enduits ternes sur la nickéline.

Les arséniates paraissent être généralement des produits modernes qui résultent de la décomposition des arséniures divers dans l'intérieur des mines

Digitized by Google

3e Groupe des Phosphorides.

Corps non métalliques donnant par la fusion avec le carbonate de soude un sel soluble, dont la solution précipite en blanc par le nitrate de plomb et en jaune par le nitrate d'argent.

PHOSPHATES.

§ 203. Le groupe des phosphorides ne renferme encore que des phosphates dont quelques-uns correspondent aux arséniates, mais qui sont encore plus variés. Il ne présente rien d'important sous le rapport des arts; mais quelques espèces méritent l'attention sous d'autres points de vue.

Le *phosphate de plomb*, ou Pyromorphite, isomorphe de la mimétèse et de même formule, est une combinaison de phosphate avec un chlorure ou un fluorure. Souvent en prismes hexagones réguliers diversement modifiés, il se présente aussi en cristaux aciculaires dont la réunion produit des masses fibreuses, ou bien en stalactites et sous forme mamelonnée. Cette substance, remarquable par la variété et le ton de ses couleurs accidentelles, se trouve dans les gîtes métallifères, et principalement avec le sulfure de plomb : nous avons en France quelques localités remarquables sous ce rapport, le Huelgoat en Bretagne, la Croix-aux-Mines dans les Vosges, et Pontgibaud dans le Puy-de-Dôme.

Le *phosphate de chaux*, ou Apatite, est un autre composé isomorphe, en cristaux vitreux, blancs, transparents ou opaques, et quelquefois colorés, qui est en général disséminé dans le gneiss et le micaschiste. On le trouve quelquefois, mais rarement, dans les gîtes métallifères.

On connaît aussi une variété lithoïde, entremêlée avec des couches ou des filons de quartz, qu'on exploite comme pierre à bâtir, et qui constitue des collines à Logrosso dans l'Estrémadure. Il se trouve encore des rognons à structure terreuse dans le terrain houiller, dans la craie et dans les argiles inférieures; mais il paraît que ces matières n'offrent pas le même phosphate que dans les cristaux.

Les *phosphates de cuivre* sont aussi variés que les arséniates, auxquels ils ressemblent beaucoup par leurs compositions, leurs formes, leurs couleurs, et qui la plupart se trouvent aussi dans les gîtes métallifères.

Les *phosphates de fer* sont mal connus de composition. L'un d'eux paraît être l'analogue de la sidérétine; un autre peut être comparé à l'érythrine. Les deux premiers sont bruns, le suivant de

Digitized by Google

couleur verte et les trois autres bleus. Ceux-ci sont tantôt cristallisés, tantôt en petites masses terreuses, souvent nommées *bleu de Prusse natif*, dont la matière, quelquefois blanche à l'intérieur, bleuit promptement par l'exposition à l'air. Ces phosphates se trouvent les uns dans les gîtes métallifères, comme en Cornouailles, d'autres dans les fissures des basaltes; la plupart des variétés terreuses se rencontrent dans des dépôts argileux de sédiment, même assez modernes.

Les *phosphates de manganèse*, ou peut-être de manganèse et de fer, sont aussi de diverses sortes : les uns (la Triplite), bruns, en masses clivables; les autres, rougeâtres et violets. Ils se trouvent dans les terrains de cristallisation, et c'est dans les granits du Limousin qu'on les a particulièrement rencontrés.

On doit distinguer aussi les *phosphates uranite* et *chalkolite :* le premier, jaune serin, se trouve dans les granites de Marmagne près d'Autun, de Saint-Yrieix près de Limoges; le second, vert-pré, s'est trouvé principalement dans les gîtes stannifères de Cornouailles et de Bohême. Ces deux substances cristallisent en petits prismes carrés, groupés les uns sur les autres.

C'est aux *phosphates d'alumine* que se rapporte la Turquoise, matière opaque, d'un bleu verdâtre, assez recherchée dans la joaillerie. Il y en a deux espèces : l'une, la *turquoise de vieille roche*, se trouve, sous forme de petites veines ou de petits rognons, dans des matières argileuses à Nichabour en Perse : c'est une matière purement minérale. L'autre, *turquoise de nouvelle roche*, provient des dents ou des os de mammifères enfouis dans le sein de la terre, et accidentellement colorés en bleu verdâtre; elle est beaucoup moins dure, et beaucoup moins estimée.

CLASSE DES TELLURIDES, SÉLÉNIDES, SULFURIDES.

§ 204. **Caractères généraux.** — Le tellure, le sélénium, le soufre, sont des corps qui jouent le plus souvent le rôle électronégatif, et qui dans tous les cas paraissent être isomorphes. C'est ce qu'on observe surtout dans les laboratoires, car il y a peu de composés naturels qui soient exactement comparables entre eux. Ainsi les telluriures, les séléniures, les sulfures, lorsqu'ils sont composés suivant la même formule, sont identiques par les formes, et tellement analogues par les autres caractères physiques, qu'on ne peut les distinguer. Les séléniates sont isomorphes des sulfates,

Digitized by Google

et le peu de telluriates que nous connaissons nous présentent encore la même similitude.

Dans la nature, les telluriures, les séléniures et les sulfures de plomb et d'argent ne se distinguent pas à la vue. Ces substances ne sont pas toutes cristallisées; mais celles qui sont à base de plomb offrent toutes des clivages rectangulaires également nets, et, selon toute probabilité, cubiques, comme le sulfure de plomb. L'*Euchairite* présente de même les plus grandes analogies avec la *Stromeyérine*, composée suivant la même formule.

Toutes ces circonstances suffisent certainement pour rapprocher ces différents corps. Leur ensemble forme d'ailleurs un intermédiaire entre les arsénides dont nous venons de parler et les chlorides que nous verrons ensuite, en effet, d'un côté, le tellure, le sélénium, le soufre, se volatilisent comme l'arsenic à l'état simple, et forment aussi des oxydes volatils; d'un autre côté, si le tellure forme, comme l'arsenic et le phosphore, des composés gazeux avec l'hydrogène, le sélénium et le soufre sont susceptibles de former des hydracides, aussi bien que l'iode, le chlore, etc

1° Groupe des Sulfurides.

Corps solides pour la plupart quelques-uns liquides ou gazeux; dégageant des vapeurs d'acide sulfureux, soit immédiatement, soit par combustion, soit par l'action de la poussière de charbon à l'aide de la chaleur, ou bien donnant de l'hydrogène sulfuré lorsque après les avoir traités par le carbonate de potasse, seul ou mêlé de charbon, on projette le résidu dans de l'eau acidulée.

Soufre.

§ 205. **Caractères.** — Substance jaune, quelquefois verdâtre, brunâtre, rougeâtre, par suite de mélange; appartenant au système cristallin prismatique rectangulaire droit; facilement fusible, même volatile; très-combustible, et se transformant en gaz acide sulfureux sans laisser de résidu lorsqu'elle est pure.

Le soufre se trouve assez fréquemment en cristaux, qui sont des octaèdres à base rhombe, assez aigus, diversement modifiés, quelquefois en cristaux aciculaires ou en stalactites. Souvent aussi il est en masse compacte, translucide ou opaque, et dans quelques circonstances à l'état terreux, pulvérulent ou agrégé, présentant alors une teinte pâle.

§ 206. **Gisement; usage.** — Le soufre se trouve dans tous les terrains. Il existe en Hongrie, au Brésil, au Pérou, dans des couches de quartz subordonnées aux roches micacées et feldspathiques.

Digitized by Google

On le connaît aussi dans quelques gîtes métallifères qui traversent des roches analogues et dans certaines laves. Il est surtout abondant dans les dépôts de sédiment, où il se trouve à tous les étages, et où presque toujours il est accompagné de sulfate de chaux, d'argiles diverses, et souvent de sel commun : on en a trouvé jusque dans la pierre à plâtre des environs de Paris. C'est dans les parties de ces terrains qui avoisinent les volcans en activité qu'il est le plus répandu; ainsi en Sicile, outre les veines et les nids disséminés en grand nombre dans tout le terrain de sédiment, le soufre forme des couches régulières plus ou moins épaisses, mêlées d'argile, de sulfate et de carbonate de chaux, qui atteignent jusqu'à dix mètres d'épaisseur, et dont l'extraction est considérable. En Islande, il forme aussi des dépôts très-étendus du même genre, où il est en grains peu adhérents entre eux, qu'on peut exploiter à la pelle comme du sable. La quantité en est si grande, que cette île en pourrait fournir à elle seule le monde entier, quoique, à cause de la chaleur qui se dégage, on soit obligé de s'arrêter à un mètre ou deux de profondeur.

Tous les volcans en activité produisent du soufre; il s'en dégage en abondance des fissures qui se trouvent dans leurs cratères, et toutes les matières environnantes s'en recouvrent journellement. Les solfatares, sortes d'anciens cratères possédant encore quelque activité, en fournissent aussi en grande quantité, qui se dégage des fissures du terrain en même temps que de l'acide sulfureux, de l'acide chlorhydrique et de la vapeur d'eau.

Les eaux chargées d'hydrogène sulfuré qui sourdent de l'intérieur de la terre laissent des dépôts de soufre terreux ou pulvérulent sur leur passage : c'est sans doute à des circonstances semblables que sont dus les dépôts de soufre au fond de certains lacs observés en Sibérie. Il se forme journellement du soufre par la décomposition des sulfates, dans les lieux où ces sortes de sels se trouvent en contact avec des matières organiques susceptibles elles-mêmes d'altération convenable.

Les échantillons de soufre cristallisé qui se trouvent dans les collections proviennent tous des terrains de sédiment, soit de Girgenti en Sicile, où ils sont quelquefois d'un grand volume, soit de Césène, à six lieues de Ravenne, sur l'Adriatique, ou de Conilla, à huit lieues de Cadix, en Espagne, deux localités où ils sont d'une grande netteté et d'une belle transparence. Il y en a aussi d'assez beaux à Saint-Boës, près de Dax dans les Landes.

Le soufre est employé particulièrement pour la fabrication de la poudre à canon, et pour la préparation de l'acide sulfurique, qui

Digitized by Google

en consomme des quantités prodigieuses : on en prépare aussi l'acide sulfureux, qui sert au blanchiment des tissus. On sait qu'il sert à la fabrication des allumettes, et qu'il est aussi employé en médecine sous différentes formes. Il peut être très-utile dans les feux de cheminée; car il suffit de jeter une poignée de soufre en poudre dans le foyer pour qu'il se développe une grande quantité d'acide sulfureux, qui a la propriété d'éteindre les corps enflammés et peut arrêter à l'instant l'incendie.

SULFURES.

§ 207. **Caractères généraux.** — Le plus grand nombre des sulfures sont solides et doués de l'éclat métallique; la plupart donnent l'odeur sulfureuse par le grillage, et laissent un résidu qui décèle les substances avec lesquelles le soufre est combiné. Dans quelques-uns, les bases elles-mêmes, ou leurs oxydes, sont volatiles et se dégagent aussi par l'action de la chaleur.

Par la fusion avec la soude, ils donnent tous une matière qui laisse dégager de l'hydrogène sulfuré par l'action de l'eau acidulée. Ils sont aussi attaquables par l'acide azotique, avec dégagement de gaz nitreux; la solution précipite alors par l'azotate de baryte, qui indique l'acide sulfurique formé, et ensuite par divers réactifs qui dénotent la nature des bases.

Il y a des sulfures de divers ordres de composition : les uns simples, les autres doubles ou même triples, quelquefois plus compliqués encore par suite des substitutions isomorphes. Les sulfures simples sont composés :

La plupart de	1	atome de base	1	atome de soufre.
Quelques-uns de	1	atome de base	2	atomes de soufre.
Rarement de	2	atomes de base	1	atome de soufre.
Ailleurs de	2	atomes de base	3	atomes de soufre.

Les composés doubles ou triples sont extrêmement variés.

Analogies des espèces. — Tous ces composés, simples, doubles ou triples, ont entre eux les plus grandes analogies physiques. La plupart sont doués de l'éclat métallique; un grand nombre cristallisent dans le système cubique, et surtout les sulfures *Argyrose*, *Galène*, *Blende*, qui sont de même formule de composition. La pyrite commune, qui est un bisulfure, est dans le même cas. Quelques-uns appartiennent au système rhomboédrique, comme la *Chalkosine* le *Cinabre*, la *Molybdénite*, l'*Argyrithrose* et la *Proustite*. Les autres

Digitized by Google

appartiennent aux systèmes prismatiques droits ou obliques, ou ne manifestent aucune trace de cristallisation.

Gisement ; importance. — La plupart des sulfures forment des filons, ou des amas, dans les terrains de cristallisation : quelquefois aussi dans les terrains de sédiment, et surtout dans les points où ceux-ci avoisinent les premiers. Il en est un grand nombre qui sont très-importants, parce qu'ils offrent les minerais dont on extrait les métaux les plus utiles, argent, plomb, cuivre, zinc, mercure, antimoine, etc. Ce sont ceux qui nous occuperont spécialement.

Hydrogène sulfuré.

§ 208. Corps gazeux, incolore, d'une odeur d'œuf pourri; soluble dans l'eau, à laquelle il communique la même odeur. Combustible au contact d'un corps enflammé, et se convertissant alors en eau et en acide sulfureux.

Cette matière se dégage fréquemment, à l'état gazeux, dans les phénomènes volcaniques, et aussi par les crevasses du sol lors des tremblements de terre. Mais c'est principalement en solution dans l'eau qu'elle se trouve en un grand nombre de lieux, où elle constitue les *eaux minérales hépatiques* ou *sulfureuses*. Telles sont les eaux de Baréges, de Bagnères, etc., dans les Pyrénées; de Bourbon-l'Archambault dans l'Allier, de Greoulx (Basses-Alpes), d'Enghien près Paris, ou les boues de Saint-Amand près de Valenciennes, etc. Ces eaux sont administrées avec avantage dans certaines maladies, et principalement à l'extérieur. On les rend plus faibles pour l'intérieur.

Ce gaz est quelquefois condensé dans les pores de certaines matières. Les masses de soufre, par exemple, en dégagent une grande quantité au moment où on les tire du sein de la terre, ainsi que les dépôts terreux dans lesquels elles se trouvent.

Argyrose. — *Argent sulfuré, mine d'argent.*

§ 209. Substance métalloïde, gris d'acier et gris de plomb, peu éclatante, cristallisant dans le système cubique, mais non clivable, légèrement ductile, et se coupant facilement avec un instrument tranchant.

Fusible au chalumeau et réductible sur le charbon en un bouton d'argent métallique; soluble dans l'acide azotique et donnant un précipité d'argent sur une lame de cuivre.

Ce minéral, à l'état de pureté, renferme 87 pour 100 d'argent.

Digitized by Google

L'argyrose est quelquefois en cristaux cubiques ou octaèdres, groupés fréquemment en dendrites, ou bien en filaments droits ou contournés, et en petites masses mamelonnées.

Cette substance se trouve en filons, en amas plus ou moins riches dans les terrains de cristallisation, ou dans les terrains de sédiment qui les avoisinent; elle est presque toujours accompagnée de sulfure de plomb, qui fréquemment est la partie dominante. Les dépôts les plus célèbres en Europe sont ceux de Hongrie et de Transylvanie; viennent ensuite les mines de Konsberg en Norvége, de Sala en Suède, des environs de Freyberg en Saxe, de Mansfeld, de la Westphalie. C'est encore l'Amérique équatoriale qui présente à cet égard les richesses les plus considérables: le Mexique et le Pérou offrent des dépôts d'argyrose prodigieux de puissance, de pureté et d'étendue, et qui pourraient fournir des millions de quintaux d'argent, si les bras, l'eau et les combustibles, n'y manquaient. Du reste, presque tous les dépôts de galène renferment soit du sulfure d'argent, soit de l'argent disseminé qu'on extrait par différents procédés.

Galène. — *Plomb sulfuré, minerai de plomb.*

§ 210. **Caractères.** — Substance métalloïde, gris-de-plomb, brillante, cristallisant en cubes et clivable parallèlement aux faces de ce solide; non ductile, se raclant au lieu de se couper avec un instrument tranchant.

Facilement réductible en plomb métallique sur le charbon; soluble dans l'acide azotique, et donnant alors des lamelles métalliques brillantes, gris-de-plomb, par l'action d'un barreau de zinc, renfermant 87 pour 100 de plomb à l'état de pureté.

La galène se trouve assez fréquemment cristallisée en cubes, en octaèdres, diversement modifiés; elle se présente aussi sous des formes empruntées au carbonate et au phosphate de plomb, qui, par la décomposition, sont passés à l'état de sulfure, § 70; mais c'est en masses lamellaires, à lamelles plus ou moins fines, qu'elle se trouve principalement.

§ 211. **Gisement; usage.** — Cette substance appartient à tous les terrains; elle se trouve dans les dépôts de cristallisation comme dans les dépôts de sédiment, et elle s'arrête seulement dans la partie moyenne de la série de ces derniers, dans ce qu'on appelle le lias, § 176, note. Elle forme des filons, des amas et des couches, où elle est presque toujours accompagnée de sulfures de zinc, de différents sels de plomb, de sulfate de baryte, de fluor, etc. Quelquefois elle

Digitized by Google

est disséminée par petits nids nombreux dans des matières arénacées. Ailleurs, elle se trouve entièrement mélangée avec des matières siliceuses ou autres, en particules si fines, qu'il en résulte un tout homogène et compacte.

Les dépôts de galène sont abondants, mais inégalement répartis à la surface de la terre. La France en renferme peu, et nos plus grandes exploitations sont celles de Poullaoen et de Huelgoat en Bretagne; cependant il s'en trouve encore dans les Vosges, l'Isère, la Lozère, le Tarn, le Lot, le Cantal et le Puy-de-Dôme. La production du plomb ne suffit pas à nos besoins, et il en entre annuellement pour 3 ou 4 millions de l'étranger. C'est l'Angleterre, surtout le Derbyshire et le Northumberland, qui en fournit le plus : cette contrée produit à elle seule plus de la moitié de ce que donne l'Europe, dont la production annuelle est à peu près de 38 millions de kilogrammes, d'une valeur moyenne de 30 millions de francs.

La galène brute, réduite en poudre, et désignée alors sous le nom d'*alquifoux*, sert à former le vernis des poteries grossières; elle est réduite, dans l'opération, en litharge qui se fond à la surface de la poterie, et y forme un vernis jaune, qu'on colore aussi en vert, en brun, par des oxydes de cuivre et de manganèse. C'est avec cette même poudre qu'on fait les papiers métallifères dont on couvre les boîtes, les coffrets, etc.

Blende. — *Sulfure de zinc, zinc sulfuré.*

§ 212. **Caractères.** — Substance non métalloïde, jaunâtre, ou brune; cristallisant dans le système cubique, mais clivable en tétraèdres, en octaèdres ou en dodécaèdres rhomboïdaux.

Infusible au chalumeau, non réductible; solution azotique assez difficile, donnant par l'ammoniaque un précipité blanc qui se redissout par un excès d'alcali.

Contenant, à l'état de pureté, 67 pour 100 de métal; mais fréquemment combinée avec du protosulfure de fer, qui la colore en brun plus ou moins foncé.

Dans les collections, on voit souvent la blende en cristaux tétraèdres et octaèdres diversement modifiés. Les grandes masses qu'elle forme dans le sein de la terre sont, en général, à structure lamellaire plus ou moins prononcée.

§ 213. **Gisement; usage actuel.** — Cette substance forme rarement des gîtes à elle seule; elle se trouve principalement avec la galène, où elle est quelquefois en quantité considérable. Elle a été

Digitized by Google

rejetée pendant longtemps comme inutile; mais aujourd'hui on l'exploite pour en tirer le métal, qu'on emploie lui-même à un grand nombre d'usages, et qui sert à la fabrication du *laiton*, ou *cuivre jaune*, alliage de 35 parties de zinc et de 65 de cuivre, éminemment utile dans les arts, et qu'autrefois on préparait uniquement avec la calamine, dont nous parlerons plus tard.

La blende est donc devenue un minéral important, et le deviendra de plus en plus, car l'usage du zinc s'étend journellement. On en prépare peu en France, et il en entre annuellement plus de 4 millions de quintaux, qui proviennent en général de la Belgique. Nous nous sommes seulement affranchis en grande partie de l'importation du laiton, dont la consommation annuelle s'élève à près de 2 millions de kilogrammes. Il y a beaucoup de choix à faire dans le zinc métallique qu'on emploie, car il y a des différences très-considérables de durée. Celui qui renferme du fer, qui le rend toujours aigre et cassant, doit être en général rejeté, non-seulement par suite de cet inconvénient, mais encore parce qu'il s'oxyde plus promptement. C'est le zinc pur qui doit être particulièrement recherché.

§ 214. Le *sulfure de cadmium* est souvent mélangé en très-petite quantité avec la blende. On l'a trouvé en Écosse en petits prismes hexagones réguliers, orangés, dans les amygdaloïdes de Renfrew, et en petits mamelons dans les mines de Leadhils. Pour l'usage des laboratoires on tire le cadmium des matières dites *cadmics*, qui s'amassent dans les cheminées des usines où l'on traite les minerais de zinc, et où ses composés se subliment plus abondamment que ceux de ce dernier métal.

Cinabre. — *Mercure sulfuré, vermillon.*

§ 215. Substance non métalloïde, rouge ou brune, à poussière d'un beau rouge, très-pesante, cristallisant dans le système rhomboédrique, clivable en prismes hexagones. Volatile sans résidu dans le tube fermé, et donnant des globules de mercure lorsqu'on l'a préalablement mêlée de carbonate de soude; attaquable par l'eau régale, et précipitant alors du mercure sur une lame de cuivre. Composée de 86 pour 100 de mercure et de 14 de soufre.

Les cristaux de cinabre sont généralement petits et rares; ceux d'Europe présentent toujours des combinaisons de rhomboèdres; ceux de la Chine, plus volumineux, sont en prismes hexagones et clivables sur leurs faces.

On trouve le plus souvent le cinabre en masses granulaires ou compactes; quelquefois à l'état terreux, et colorant les matières

Digitized by Google

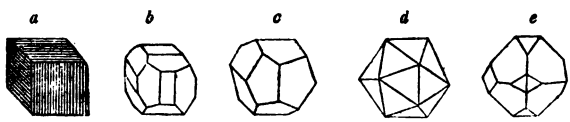
argileuses ou autres qui l'accompagnent. C'est du cinabre, dont nous avons indiqué les principaux gîtes, § 168, qu'on retire le mercure.

Pyrite et Sperkise. — *Fer sulfuré, pyrite martiale, marcassite.*

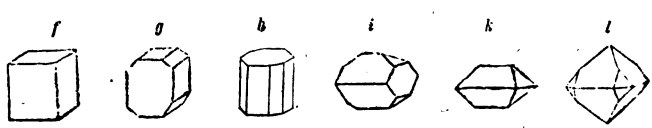
§ 216. **Caractères généraux.** — Substances métalloïdes jaune d'or ou jaune verdâtre; solution chlorhydrique complète, ne laissant pas surnager de soufre.

Sous la même formule de composition Fe Su^2, se présentent ici deux systèmes de cristallisation : le système cubique (dans la pyrite) et le système prismatique rhomboïdal.

1° *Dans le système cubique*, la couleur est jaune d'or, et l'éclat très-vif; les cristaux très-variés sont souvent en cubes striés sous trois directions, fig. *a*, fréquemment modifiés par le dodécaèdre pentagonal, fig. *b*. On trouve souvent aussi ce dodécaèdre complet, fig. *c*, et l'icosaèdre, fig. *d*, *e*; l'un et l'autre modifiés d'un grand nombre de manières, et offrant en général de beaux polyèdres.



2° *Dans le système prismatique*, la couleur est d'un jaune verdâtre et terne. La matière se présente en prismes rhomboïdaux, diversement modifiés, fig. *f*, *g*, *h*, ou en octaèdres, fig. *i*, *k*, *l*, modifiés d'un grand nombre de manières. Les groupements sont aussi très-remarquables dans cette espèce, où se trouvent les réunions d'octaèdres déformés dont nous avons parlé, § 52, fig. 266.



Le sulfure cubique se conserve en général très-bien; mais le sulfure prismatique se décompose avec la plus grande facilité, et ne peut être gardé longtemps dans les collections; il se fendille d'abord, puis se gonfle, et se réduit en sulfate de fer. C'est cette variété qu'on nomme *pyrite blanche*, *fer sulfuré blanc* et *sperkise*.

Digitized by Google

Outre les formes cristallines, les sulfures de fer, et principalement le second, se présentent en groupements dendritiques, en boules couvertes de cristaux à la surface, en masses mamelonnées, en stalactites et sous des formes empruntées aux coquilles, principalement aux ammonites, sous la forme de bois, etc. On les trouve aussi en petites masses fibreuses et compactes.

Fréquemment les sulfures de fer ont été décomposés dans la nature sans perdre les formes sous lesquelles les matières s'étaient primitivement agrégées; leurs cristaux, leurs pseudomorphoses, se trouvent alors convertis en hydrate de peroxyde de fer.

§ 217. **Gisement et usages.** — Les sulfures de fer sont abondants à la surface du globe; ils sont disséminés partout, en cristaux, en nids, en rognons, en boules, en petits amas, en veines, dans les roches cristallines comme dans les dépôts de sédiment, et, dans tous les gîtes métallifères, où ils offrent en général de belles cristallisations; on peut dire, sans trop généraliser le fait, que le sulfure prismatique appartient plus que l'autre aux terrains de sédiment. C'est à la pyrite que se rapportent le plus souvent les prétendues découvertes d'or dont le peuple se berce quelquefois.

Dans les lieux où les pyrites sont abondantes, on les rassemble pour la fabrication du sulfate de fer et de l'alun, en aidant quelquefois à la décomposition par un grillage préalable, surtout pour l'espèce non altérable à l'air. On s'en est aussi servi pour en retirer le soufre par une sorte de distillation en vase clos. Lorsqu'elles sont aurifères, comme à Macugnaga en Piémont, autour de Freyberg en Saxe, à Bérézof en Sibérie, on les exploite pour en tirer l'or, soit par le lavage, soit par amalgamation.

Autrefois on travaillait l'espèce non altérable, et, sous le nom de *marcassite*, on en faisait des boutons, des plaques d'ornements à facettes, qui produisaient un assez bel effet à la lumière. Les bijoux d'acier ont détruit cette industrie. On en a trouvé des plaques polies dans les tombeaux des anciens Péruviens, et l'on a supposé qu'elles leurs servaient de miroirs; de là le nom de *miroir des Incas*. A l'invention des armes à feu, on a employé le sulfure de fer au lieu de pierre à fusil dont on s'est ensuite servi; de là les noms de *pyrite* et de *pierre d'arquebuse*.

§ 218. Leberkise. — Il y a une autre espèce de sulfure de fer fort distincte des précédentes par tous ses caractères. Elle est magnétique (de là le nom de *pyrite magnétique*), brun-de-foie, d'où est venu le nom allemand de *leberkies*, avec éclat métallique. Elle se trouve cristallisée en prismes hexagones qu'on regarde comme réguliers. Elle laisse surnager du soufre par la solution dans l'a-

Digitized by Google

cide chlorhydrique. Enfin sa composition représente une combinaison de persulfure et de protosulfure. Elle se trouve en petites masses lamellaires, quelquefois en cristaux, dans les roches cristallines, et principalement à Bodenmais en Bavière.

Molybdénite. — *Molybdène sulfuré.*

§ 219. Substance métalloïde, gris-de-plomb, onctueuse au toucher, offrant de petits cristaux rares, en prismes hexagones réguliers, ou de petites masses lamellaires composées de lamelles flexibles.

Infusible au chalumeau, laissant par le grillage un résidu blanc d'acide molybdique; attaquable par l'acide azotique, et laissant aussi un précipité insoluble d'acide molybdique.

Cette substance se trouve en petits amas dans les terrains cristallins, où quelquefois aussi elle est disséminée; parfois on la rencontre dans les dépôts métallifères d'étain, de fer magnétique et de cuivre. Elle est assez commune dans les Alpes, les Pyrénées, etc.; mais elle n'a d'autre emploi que dans les laboratoires pour la préparation du molybdène et de ses composés.

Chalkosine. — *Cuivre sulfuré, cuivre vitreux.*

§ 220. Substance métalloïde, gris-d'acier, presque ductile; se coupant facilement avec un instrument tranchant; cristallisant en prismes hexagones réguliers diversement modifiés.

Fusible au chalumeau, donnant des grains de cuivre lorsqu'on traite la matière grillée sur le charbon avec de la soude; soluble dans l'acide azotique, solution devenant bleue par un excès d'ammoniaque, et ne donnant alors que peu ou point de précipité.

La chalkosine, qui renferme 80 pour 100 de cuivre, est en général une matière accidentelle des gîtes de cuivre pyriteux; mais elle est assez abondamment disséminée, en petits rognons, dans les schistes du grès rouge, § 176, note, aux pays de Mansfeld et de Hesse; elle forme aussi presque à elle seule les dépôts cuivreux de l'Oural, où elle se rattache encore aux dépôts sédimentaires. Elle est d'autant plus importante alors, que le cuivre pyriteux manque entièrement dans les provinces russes.

Chalkopyrite. — *Cuivre pyriteux, pyrite cuivreuse.*

§ 221. **Caractères.** — Substance métalloïde, jaune-de-bronze, cristallisant dans le système prismatique à base carrée : fusible au

Digitized by Google

chalumeau en globules attirables à l'aimant; et qui donne ensuite des globules de cuivre avec la soude. Attaquable par l'acide azotique; solution devenant bleue lorsqu'on y ajoute un excès d'ammoniaque, et donnant en même temps un abondant précipité jaune qui est de l'oxyde de fer.

Le cuivre pyriteux pur, beaucoup moins riche que la chalkosine, renferme 35 de cuivre, 30 de fer et 35 de soufre.

Cette matière se trouve quelquefois cristallisée; on la connaît en tétraèdres et en octaèdres que l'on a crus longtemps réguliers. Il était, en effet, facile de se tromper dans des mesures peu rigoureuses; car, par exemple, le tétraèdre de cette substance a ses faces inclinées de 110° et 71° 10', ce qui est très-près de 109° 28'16", et 70° 31'44" que présente le solide régulier de la géométrie. Du reste, la chalkopyrite se trouve en masses compactes, très-brillantes dans la cassure fraîche, souvent mélangées ou entremêlées de matières étrangères.

§ 222. **Gisement; importance.** — Ce minerai de cuivre appartient en général aux terrains granitiques, où il forme souvent des filons ou des amas puissants. On le trouve cependant aussi dans les terrains de sédiment, particulièrement dans les *schistes cuivreux* que nous venons de citer dans le Mansfeld en y indiquant la chalkosine.

Ce sulfure est le principal minerai de cuivre; et partout où il existe, du moins en quantité suffisante, on l'exploite avec activité. Mais la France est peu riche sous ce rapport : nous ne possédons que les mines de Chessy et Saint-Bel, près de Lyon: celles de Baigorry, dans les Pyrénées, sont actuellement épuisées; celles des Vosges, où le cuivre n'était qu'accidentel, n'ont jamais produit beaucoup; et, s'il en existe des indices dans d'autres lieux, ils ne paraissent pas pouvoir suffire aux dépenses que nécessiteraient des établissements : aussi tirons-nous annuellement de l'étranger pour 8 à 9 millions de ce métal.

Les pays qui possèdent les mines de cuivre les plus abondantes sont l'Angleterre, la Russie, l'Autriche et la Suède. La première de ces contrées fournit près de la moitié de la masse totale qu'en produit l'Europe, et qui s'élève à 21 millions de kilogrammes. Il nous vient aussi du cuivre de la Chine, du Japon, du Mexique et du Chili.

Stibine. — *Antimoine sulfuré.*

§ 223. **Ses caractères.** — Substance métalloïde, gris-de-plomb, cristallisant en prismes rhomboïdaux clivables parallèlement au plan des petites diagonales.

Digitized by Google

Très-facilement fusible au chalumeau, et donnant par le grillage des vapeurs blanches abondantes; attaquable par l'acide azotique, avec précipité immédiat d'oxyde d'antimoine.

La composition Sb^2Su^3 de cette substance correspond à 73 d'antimoine et 27 de soufre.

Les cristaux de stibine sont de longs prismes terminés au sommet par quatre faces, et le plus souvent groupés en masses bacillaires. La substance se trouve aussi en masse lamellaire et quelquefois compacte.

Cette matière, quoique peu abondante, se trouve cependant assez communément, et constitue à elle seule des filons particuliers dans le granit ou dans les roches qui s'y rattachent; elle est aussi subordonnée à d'autres gîtes métallifères, et principalement aux dépôts d'argyrose. Elle est exploitée pour en tirer le métal dont nous avons précédemment indiqué les usages, § 194. Nous en avons en France dans l'Ardèche, le Gard, la Lozère, la Haute-Loire, le Cantal, le Puy-de-Dôme, etc.

§ 224. **Ses combinaisons avec d'autres sulfures.** — La stibine se trouve souvent combinée avec d'autres sulfures, comme on le voit dans le tableau des espèces, en formant divers composés de même formule, avec des bases différentes. La plupart de ces substances offrent peu d'importance, mais celles qui renferment de l'argent attirent l'attention sous le rapport des arts; telles sont :

1° L'**Argyrithrose**, ou *argent rouge, argent antimonié sulfuré*, substance non métalloïde, de couleur rouge, cristallisant dans le système rhomboédrique. Elle est fusible au chalumeau, dégage des vapeurs d'antimoine par la calcination, et laisse en définitive un bouton d'argent. Elle renferme 59 pour 100 d'argent.

La cristallisation de l'argyrithrose est très-variée; elle offre des prismes à bases d'hexagones réguliers, des scalénoèdres, des dodécaèdres à triangles isocèles, souvent groupés en dendrites ou en petites masses botryoïdes.

Cette substance ne se trouve qu'en petite quantité dans les mines d'Europe, et subordonnée aux gîtes d'argyrose, § 208; mais au Mexique et au Pérou elle forme la partie la plus importante de certains dépôts et la source de produits considérables.

2° La **Psaturose**, ou *argent sulfuré aigre, argent antimonié sulfuré noir*. Substance métalloïde, gris-de-fer, cristallisant en prismes rhomboïdaux; elle est très-riche en argent, dont elle renferme 69 pour 100, et se trouve avec la précédente.

3° La **Miargyrite**, qu'on ne connaît encore qu'à Braunsdorf en Saxe, dans les minerais argentifères; elle est aussi en prismes

Digitized by Google

rhomboïdaux, comme la psaturose, mais d'un éclat moins prononcé, d'une couleur plus noire; elle diffère aussi par ses proportions, la quantité d'argent n'allant qu'à 36 pour 100.

Il existe aussi des combinaisons triples de sulfure d'antimoine avec des sulfures de cuivre et de plomb, le dernier remplacé quelquefois par le sulfure d'argent. Ce sont elles qui ont porté et portent souvent encore le nom de *cuivre gris*, groupe qu'on a déjà divisé en *bournonite*, *polybasite*, *panabase*, et qui renferment sans doute encore beaucoup de matières différentes.

La Bournonite est en cristaux qui se rattachent au prisme rectangulaire. La Polybasite, qui renferme 64 pour 100 d'argent, est en prismes hexagones accolés les uns aux autres, et qui pourraient bien être réguliers; elle provient surtout des mines de Guanaxato et de Guarisamey au Mexique; ce serait une substance précieuse si elle était en masse considérable. La Panabase se cristallise en tétraèdres réguliers. Toutes ces substances sont des matières de filons : cependant la dernière forme çà et là des gîtes particuliers où elle est exploitée comme minerai de cuivre, et recherchée surtout pour l'argent qu'elle renferme le plus souvent; mais elle est difficile à traiter à cause de l'antimoine.

§ 225 **Remplacé par l'arsenic**. — L'arsenic remplace quelquefois l'antimoine dans les combinaisons; c'est ce qui arrive à la *Proustite*, espèce d'argent rouge par tous les caractères physiques, et à la *Tennantite*, espèce de panabase où se trouve de l'arsenic au lieu d'antimoine. Ce métal se mêle dans toutes les espèces, et c'est en le rassemblant avec l'antimoine qu'on parvient aux formules indiquées.

Réalgar et Orpiment.

§ 226. Ces deux substances ne présentent pas l'éclat métallique; la première est rouge lorsqu'elle est en masse, et la seconde jaune. Elles donnent une forte odeur d'ail par le grillage, et ne laissent aucun résidu.

Le Réalgar se trouve en prismes rhomboïdaux obliques assez nettement prononcés, réunis quelquefois en petites masses bacillaires; le plus souvent il est en petites masses compactes.

L'Orpiment se trouve en cristaux peu distincts, rhomboïdaux, avec des clivages parallèlement aux plans des diagonales, dont un beaucoup plus distinct que l'autre, comme dans la stibine. On le rencontre plus fréquemment en petites masses lamellaires, quelquefois oolitiques, ou bien compactes et terreuses.

Digitized by Google

Ces substances, très-peu abondantes, sont des matières accidentelles de filons; quelquefois elles se trouvent disséminées dans certains dépôts cristallins, dans les produits immédiats des volcans ou dans les solfatares. Elles sont employées en peinture sous les noms d'*orpin rouge* et d'*orpin jaune;* mais celles du commerce se préparent artificiellement avec l'arsenic et le soufre.

ACIDES SULFUREUX ET SULFURIQUE.

§ 227. Le premier de ces corps, qui se trouve à l'état gazeux, ou dissous dans l'eau, donne immédiatement l'odeur du soufre. Le second, qui est à l'état liquide, donne la même odeur par l'action de la poussière de charbon, à l'aide de la chaleur, lorsqu'il est suffisamment concentré.

L'acide sulfureux à l'état de gaz est rejeté en abondance pendant les phénomènes volcaniques; il s'en dédage en tout temps des cratères des volcans actifs et des solfatares en activité.

L'acide sulfurique est à l'état de solution dans l'eau; le plus bel exemple est offert par le ruisseau nommé *Rio Vinagre*, au volcan de Purazé, dans le Popayan. C'est cet acide qui, en désagrégeant les roches trachytiques, les réduisant en bouillie, prépare les terribles éruptions boueuses de Java. On le cite aussi dans certaines eaux hépatiques, où il provient de la décomposition de l'hydrogène sulfuré.

SULFATES.

§ 228. **Idée générale.** — Les sulfates sont faciles à reconnaître lorsqu'on les traite au feu avec un mélange de charbon et de sous-carbonate de soude, la matière qui en résulte dégage de l'hydrogène sulfuré par l'eau acidulée.

La plupart des sulfates sont hydratés; plus des deux tiers sont solubles dans l'eau, qui précipite alors de diverses manières, selon la nature des bases. Ceux qui sont insolubles, traités par la méthode § 134, 7°, laissent leurs bases à l'état de carbonate, qu'on peut dissoudre dans un acide pour en examiner la nature.

Il n'y a que deux sulfates qui forment des dépôts assez considérables à la surface de la terre : plusieurs autres sont le plus souvent des matières accidentelles des gîtes métallifères, et le plus grand nombre se forment journellement en petites quantités

Sous le rapport des usages, la pierre à plâtre, qui appartient à ce groupe, est peut-être la matière la plus importante; car, si l'on

Digitized by Google

trouve dans la nature beaucoup de sulfates utiles dans les arts, ils n'y sont pas assez abondants pour suffire à nos besoins, et il faut les préparer artificiellement.

Nous nous occuperons spécialement ici de ceux des sulfates qui ont le plus d'importance sous différents rapports.

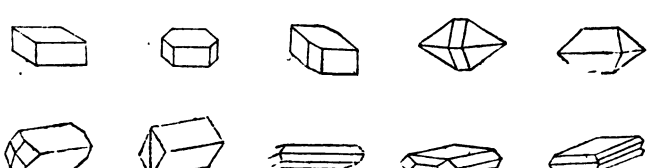
Anglésite, Barytine, Célestine.

§ 229. Ces trois sulfates ont de très-grandes analogies. Tous trois remarquables par leur poids, et naturellement incolores, ils présentent les mêmes genres de formes cristallines, qui peuvent être ramenées à des prismes rhomboïdaux peu différents, savoir :

Pour la barytine, à un prisme rhomboïdal de. .	101° 42' et 78° 18'
Pour l'anglésite.	103° 42' et 76° 18'
Pour la célestine.	102° 30' et 75° 30'

L'anglésite n'est pas clivable; mais les deux autres substances se clivent avec facilité, suivant les prismes indiqués.

Les formes sont très-nombreuses, surtout dans la barytine, qui est plus commune : ce sont des formes du troisième groupe cristallin, et particulièrement des prismes rhomboïdaux, simples ou modifiés de diverses manières, des octaèdres d'une espèce ou de l'autre, et toutes leurs modifications tabulaires. Les figures suivantes donnent une idée générale de ces formes.



L'Anglésite noircit au contact de l'hydrogène sulfuré; elle est fusible au chalumeau, et réductible sur le charbon par l'intermédiaire du carbonate de soude. La Barytine et la Célestine ne noircissent pas, et ne donnent aucun globule métallique; la première est difficilement fusible; la seconde fond avec facilité. La solution barytique précipite toujours par un sulfate, quelque étendue qu'elle soit, et non la solution strontianique.

Outre les variétés cristallines, la barytine se présente sous des

Digitized by Google

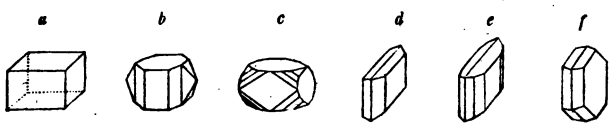
formes mamelonnées et stalactitiques, en masses bacillaires et fibreuses, en masses lamellaires, grenues et compactes. Ces variétés, quoique existant dans la célestine, y sont cependant moins communes; les variétés fibreuses y sont fréquemment alors de couleur bleuâtre, d'où leur est venu le nom que nous avons conservé.

L'anglésite se trouve uniquement, et généralement en petits cristaux, dans les gîtes métallifères de plomb et de cuivre. La barytine, qui est très-abondante dans cette position, constitue aussi des veines et des filons à elle seule dans les roches granitiques, comme à Royat en Auvergne; elle existe également dans les terrains de sédiment, et cependant elle s'arrête dans les formations jurassiques. La célestine, au contraire, paraît appartenir aux dépôts plus récents; elle se trouve surtout assez abondamment avec les dépôts de soufre que nous avons cités en Sicile, § 206, et c'est de là que viennent les beaux groupes qui décorent nos collections. Partout ailleurs elle ne se trouve guère qu'en rognons à structure lamellaire, ou en petites veines fibreuses. Elle existe, et assez abondamment, jusque dans les argiles qui accompagnent la pierre à plâtre de Paris, en rognons compactes ou terreux, ordinairement aplatis.

Karsténite et Gypse. — *Anhydrite, muriacite, selénite.*

§ 230. **Caractères.** — Ces deux substances sont l'une et l'autre du sulfate de chaux; mais la première est anhydre, et la seconde hydratée, renfermant 21 pour 100 d'eau. Celle-ci est très-tendre et se raye avec facilité par l'ongle; l'autre est plus dure, mais facilement attaquable par une pointe d'acier.

La karsténite, rarement cristallisée, se présente en petits prismes rectangulaires droits, modifiés sur les arêtes ou sur les angles solides, fig. *a*, *b*, *c*, et clivables parallèlement à leurs pans et à leurs bases. Le gypse, qu'on rencontre souvent en cristaux, fig. *d*, *e*, *f*,



appartient, au contraire, à un prisme oblique, qui se clive avec beaucoup de facilité, parallèlement aux pans latéraux, en feuillets

Digitized by Google

aussi minces que l'on veut; les clivages parallèles à la base et aux autres pans sont beaucoup moins nets, et ne se manifestent bien que dans les lames minces, qui se brisent alors en espèces de parallélogrammes obliquangles.

Les cristaux de gypse sont le plus souvent des tables obliquangles biselées sur les arêtes, fig. *d*, *e*, *f*, et modifiées de diverses manières. Ces cristaux sont fréquemment arrondis sur quelques-unes de leurs parties; et il en résulte souvent des formes lenticulaires qui, réunies deux à deux, présentent dans la fracture ce qu'on nomme le *gypse en fer de lance;* disposition très-commune dans les carrières de pierre à plâtre des environs de Paris.

Outre les formes cristallines, ces deux substances se présentent en masses laminaires, et le gypse surtout offre fréquemment alors des plaques d'une belle transparence, qu'on peut diviser et subdiviser à l'infini : elles sont aussi en masses lamellaires, granulaires, compactes, fibreuses.

§ 231. **Gisement; usage.** — La karsténite forme quelquefois des masses considérables qui se trouvent particulièrement à la jonction des terrains de cristallisation et des terrains de sédiment. Elle disparaît entièrement dans les derniers lorsqu'ils sont éloignés des formations cristallines.

Le gypse est beaucoup plus répandu, et se trouve aussi bien dans l'une des positions que dans l'autre. Par places, il est comme intercalé dans les roches de cristallisation; mais il n'y forme guère de couches réglées; souvent même il se présente sur les flancs des vallées, sur les bords des grands cirques qu'on trouve dans les hautes montagnes, et disparaît dans l'épaisseur du terrain, de sorte que, là où il semblait devoir se continuer, on ne trouve plus que des couches de carbonate de chaux, qui en sont la suite. Il accompagne aussi certains dépôts cristallins (amygdaloïde, serpentine, diallage [voy. *Géologie*]), qui forment des collines allongées dans les terrains calcaires, et autour desquelles, à une distance peu considérable, il n'y a plus encore que du carbonate de chaux.

Du reste, loin des terrains de cristallisation, le gypse est aussi très-abondant; et forme des amas plus ou moins considérables à tous les étages de ces dépôts, jusque dans les plus modernes, où il paraît avoir été produit par des sources. Il constitue aux environs de Paris, parallèlement au calcaire grossier, § 176, note, des dépôts qui présentent des caractères de formation fluviale; autour d'Aix en Provence ainsi qu'entre Narbonne et Sijean, il s'en trouve encore de plus récents.

La karsténite, qui est assez dure, assez solide, peut être employée

Digitized by Google

comme marbre dans les intérieurs; on se sert aussi d'une variété lamellaire, blanc bleuâtre de Vizille près Grenoble, qui est d'un assez bon effet en chambranles de cheminée et même en statues. Une variété légèrement siliceuse, et d'un gris bleuâtre assez agréable, est employée en Italie pour des tables et des cheminées, sous le nom de *marbre de Bergame* ou de *Bardiglio*. On la tire de Vulpino, à 15 lieues de Milan.

Le gypse compacte et blanc, qui se travaille avec une grande facilité, est employé sous le nom d'*albâtre*, *albâtre gypseux* ou *alabastrite*, pour former des vases, des socles de pendule, des statuettes, qu'on voit fréquemment dans nos habitations. Quelques variétés, veinées et ondulées de diverses teintes brunâtres, sont aussi employées de la même manière. C'est de Volterra, en Toscane qu'on tire cette matière, et c'est généralement en Italie que se fabriquent, à bas prix, tous les ouvrages que nous voyons. Il ne faut pas confondre cet albâtre gypseux avec l'*albâtre calcaire*, beaucoup plus solide, susceptible d'un beau poli, dont les diverses variétés sont beaucoup plus agréables. (Voyez le Carbonate calcaire.) Celui-ci, fort recherché, et travaillé avec soin, est toujours d'un prix assez élevé; l'autre n'a aucune valeur, et pas plus de renommée que de solidité et d'éclat.

Le gypse fibreux, qui est remarquable par l'éclat soyeux qu'il présente, se taille quelquefois en perles dont on fait de charmants colliers; mais il faut les conserver sous verre, le moindre frottement étant susceptible de les détruire.

Le gypse des environs de Paris est une matière extrêmement précieuse par la propriété qu'elle possède de prendre rapidement en masse solide lorsque, après avoir été calcinée et réduite en poudre, on lui rend, par le *gâchage*, l'eau qu'elle avait perdue. Malheureusement cette propriété ne se trouve au même degré dans aucun des autres dépôts de gypse des divers terrains, si ce n'est dans ceux d'Aix en Provence; on l'a attribuée à la présence d'une très-petite quantité de carbonate de chaux que les variétés de ces deux localités renferment. Quoi qu'il en soit, c'est à cette pierre que Paris doit, en très-grande partie, son extension: on l'exploite avec activité, et on l'exporte même très-loin, dans la France et à l'étranger, pour construire au moins les plafonds, qui n'ont aucune solidité avec toute autre variété. Çà et là dans la masse grenue de nos carrières se trouvent des variétés cristallines qu'on nomme *gypse en fer de lance*, *grignard*, *pierre à Jésus*, *miroir d'âne*, etc., qui sont recherchées par les modeleurs en plâtre, parce qu'elles donnent une matière plus fine. Mais ce plâtre fin,

Digitized by Google

qu'on n'emploie que pour la couche la plus extérieure des statues, ne prend que lentement et possède infiniment moins de solidité; il est précisément de l'espèce qu'on peut obtenir avec les gypses qu'on rencontre partout.

Le gypse, fort utile en agriculture pour les prairies artificielles, est exploité aussi pour cet usage unique, dans les diverses localités où il se trouve.

Alunite, Alun, Sels d'alumine.

§ 232. **Caractères de l'Alunite.** — Le seul sulfate capable de rayer le verre est l'alunite. C'est une substance pierreuse, qu'on trouve quelquefois en très-petits rhomboèdres, tapissant les cavités des masses compactes. Elle est infusible au chalumeau, donne de l'eau par calcination, et devient alors en partie soluble dans l'eau, qui produit par l'ammoniaque un précipité floconneux.

Elle est composée d'acide sulfurique, d'alumine, de potasse et d'eau, dans des proportions peu déterminées par suite du mélange dont la masse est susceptible.

Cette matière se trouve en masses compactes assez étendues, quelquefois caverneuses, et présentant çà et là des veines et des rognons où la matière est fibreuse. Partout où on la connaît, elle est dans le voisinage des terrains trachytiques et au milieu des détritus de ponce. C'est ainsi qu'elle se présente à Tolfa dans les États romains, à Piombino sur la côte de Toscane, en Hongrie, dans quelques îles de l'archipel Grec, au Mont-Dore en France. Elle semble placée dans d'anciennes solfatares, et il s'en produit journellement dans les solfatares actives, comme à Pouzzoles près de Naples, à la Guadeloupe, par suite de l'action des vapeurs sulfureuses sur les matières environnantes.

L'alunite est une matière précieuse pour la fabrication de l'alun. Il suffit de la calciner, de l'arroser ensuite d'eau pour la réduire en pâte, de lessiver à chaud, et de concentrer les eaux pour faire cristalliser. Le sel ainsi produit, qu'on nomme *alun de Rome*, a été recherché pendant longtemps, jusqu'à ce qu'on l'ait enfin fabriqué de toutes pièces.

§ 233. **Alun.** — Il existe aussi de l'alun tout formé dans la nature : c'est un sel composé de sulfate d'alumine et de sulfate de potasse, ou d'ammoniaque, d'une saveur astrigente, soluble immédiatement dans l'eau, qui donne alors, par l'ammoniaque, un précipité floconneux blanc très-abondant.

On assure qu'on trouve l'alun potassique en petites couches re-

Digitized by Google

couvertes de sable, au milieu des déserts de l'Égypte, où des caravanes en vont chercher tous les ans. L'alun ammoniacal se trouve en petites veines fibreuses dans les dépôts de lignite de Tschermig en Bohême. Il se forme aussi journellement de l'alun dans les solfatares, dans les houillères embrasées et à la surface de certaines matières schisteuses qu'on nomme *schistes alumineux*. Ces matières sont exploitées dans différents lieux pour la fabrication de ce sel; on se contente de les laisser exposées à l'air, où elles se désagrégent et s'altèrent, et de les lessiver ensuite.

Dans beaucoup de localités, on provoque la décomposition des terres pyriteuses, pour se procurer du sulfate d'alumine, auquel il suffit d'ajouter un alcali pour obtenir de l'alun; mais les sels qu'on obtient alors renferment beaucoup de sulfate de fer, qui les rend impropres à différents usages.

L'alun est un sel employé très-fréquemment dans la teinture, et dans la mégisserie pour la préparation des peaux blanches. On s'en sert en médecine comme astringent, et on en imprègne les toiles et les bois qu'on veut rendre difficilement combustibles.

§ 234. **Sels alumineux divers.** — Outre l'alunite et l'alun, on trouve dans la nature le sulfate simple qui entre dans la composition de ce sel; il s'en forme ainsi dans les solfatares et dans certaines matières schisteuses.

Fréquemment aussi il se forme divers sulfates alumineux composés, ferrugineux, manganésiens, cuivreux, etc., qui se présentent en petites veines fibreuses ou en efflorescences dans certains schistes, dans des argiles diverses, dans certaines cavernes, dans les anciens travaux des mines. Ce sont ces espèces de matières qu'on désigne fréquemment sous le nom d'*alun de plume*.

Il existe aussi un sulfate d'alumine insoluble, nomme *Webstérite*, qui se trouve en petits rognons blancs, doux au toucher et très-tendres, dans les argiles situées au-dessus de la craie.

Sulfates divers.

§ 235. **Sulfates métalliques.** — Il se forme journellement des sulfates métalliques dans les gîtes métallifères par la décomposition des sulfures qui s'y trouvent. Tels sont surtout les sulfates de zinc, de cuivre, de cobalt, de fer, qu'on rencontre en petites quantités dans l'intérieur des mines, et qui, tantôt seuls, tantôt mélangés, y forment des touffes coralloïdes, des veines fibreuses, des stalactites, des dépôts compactes ou pulvérulents.

L'un des sulfates de fer est à base de protoxyde, mais il en est

Digitized by Google

aussi à base de peroxyde; parmi ceux-ci le sulfate *Pittizite* est un des plus communs, et il s'en forme dans quelques mines en assez grande quantité pour qu'on soit obligé de l'enlever. Ce corps est tantôt pulvérulent et d'un jaune d'ocre, tantôt en stalactites brunes et ressemblant à la limonite. Quelquefois il est translucide, brillant dans la cassure, et ayant, comme la sidérétine, l'aspect de la résine. Ces sulfates de peroxyde de fer remplacent quelquefois les sulfates d'alumine dans les sels doubles; de là l'*alun de fer* et divers autres composés dont la *Voltaïte* est un exemple.

§ 236. **Sulfates terreux et alcalins.** — Si les sels précédents ont peu d'importance, quelques autres ont un certain degré d'utilité. Tels sont les sulfates de magnésie et de soude.

Le *sulfate de magnésie*, ou Epsomite, se trouve quelquefois en veines, ou petits filons à structure fibreuse, soit dans les dépôts salifères, comme à Calatayud en Aragon, soit dans les gypses, comme à Fitou (Aude), dans les gîtes métallifères, ou bien en efflorescence à la surface de certains schistes alumineux. Il se trouve aussi en solution, constituant alors des eaux minérales purgatives qu'on trouve particulièrement à Epsom, dans le comté de Surrey en Angleterre, à Sedlitz et Égra en Bohême.

Le *sulfate de soude anhydre*, ou Thénardite, qui cristallise en prismes rhomboïdaux, forme journellement des croûtes cristallines au lieu nommé les *salines d'Espartine*, à cinq lieues de Madrid; on l'exploite pour préparer du carbonate de soude.

Le *sulfate de soude hydraté* se trouve en efflorescence sur les laves du Vésuve et à la solfatare de Pouzzoles; on le cite, à la surface du sol, autour de certains lacs de Sibérie, dont les eaux en renferment une assez grande quantité. Il existe aussi en solution dans les mers, dont on peut l'extraire par cristallisation, pendant les temps froids, dans les marais salants.

2e Groupe des Séléniides.

Corps donnant l'odeur de chou pourri par le grillage dans le tube ouvert, et un sublimé rouge pulvérulent dans le tube fermé.

SÉLÉNIURES.

§ 237. On ne connaît qu'un petit nombre de séléniures, peu abondants, dont trois sont simples, et les autres doubles.

Le *séléniure de plomb*, ou Clausthalie, est gris-de-plomb, métalloïde, en petites masses lamellaires fragiles, fort analogues à la

Digitized by Google

galène; fusible au chalumeau, il donne sur le charbon un oxyde jaune-de-pl mb et des grains de plomb. Il se trouve au Harz, aux environs de Klausthal, soit dans les dépôts ferrugineux, soit dans la dolomie. Il s'y présente aussi en combinaison avec des séléniures de cobalt. de mercure et de cuivre.

Le *séléniure d'argent*, autre matière gris-de-plomb, mais ductile, analogue à l'argyrose, a été observé parmi les minerais de Tasco au Mexique. On y a aussi indiqué un séléniure de zinc.

Le *séléniure de cuivre*, ou Berzéline, est blanc d'argent, et ductile comme le sulfure de même formule. Il se trouve dans la mine de cuivre de Skrickerum ou Smoland, en même temps que l'Euchairite, substance gris-de-plomb, ductile, qui est disséminée dans le calcaire ou les roches magnésiennes.

3e Groupe des Tellurides.

Corps doués de l'éclat métallique, donnant un sublimé gris dans le tube fermé et répandant, par le grillage dans le tube ouvert, une fumée blanche piquante, sans odeur, qui se dépose sur la partie froide du tube sous la forme d'une poudre blanche, fusible en gouttelettes limpides par la chaleur *.

§ 238. Les substances de ce groupe, peu répandues dans la nature, n'ont été connues pendant longtemps qu'en Transylvanie, dans les mines de Nagy-ag, de Offenbanya et de Zalathna, qui sont des dépôts argentifères et aurifères des terrains trachytiques. On en a trouvé depuis à Sawodinski dans l'Altaï. Il y a peu d'espèces, du moins déterminées avec précision, parce que les matières sont rares à l'état de pureté et à l'état cristallin.

Le *tellure natif* est blanc d'étain ou gris d'acier, fragile, presque entièrement volatil par le grillage, et laissant cependant 7 à 8 pour 100 de résidu qu'on regarde comme à l'état de mélange; on l'a indiqué en petits prismes hexagones, mais rien ne prouve que ces prismes soient du tellure pur : on le voit souvent dans les collections en petites masses lamellaires ou granulaires.

Le *telluriure de plomb* est gris de plomb, en petites masses lamellaires assez analogues à la galène. Le *telluriure d'argent* est en petites masses à gros grains malléables, se coupant facilement, comme le sulfure d'argent.

Les autres espèces paraissent être des combinaisons de ces deux telluriures, et même du telluriure d'or; mais elles sont très-peu

* Il y a souvent un peu de sélénium qui donne son odeur particulière ou sa couleur, mais qui ne se sublime qu'après l'oxyde de tellure.

Digitized by Google

connues. Elles ont des teintes de couleurs particulières, et se présentent en petits cristaux peu déterminables, qui paraissent avoir des formes différentes pour chaque composition.

Les variétés argentifères ou aurifères sont recueillies pour en extraire les deux métaux précieux, l'espèce Sylvane, qui renferme jusqu'à 70 pour 100 d'or, a même été désignée sous le nom d'*or blanc*, et aussi d'*or graphique*, à cause de sa structure. La Mullerine, qui en renferme 26, a été nommée *or gris*.

CLASSE DES CHLORIDES, FLUORIDES, IODIDES, BROMIDES.

§ 239. **Caractères généraux.** — Le chlore, le brome, l'iode, le fluor ont entre eux la plus grande somme possible d'analogies : d'un côté par eux-mêmes sous le rapport de diverses propriétés physiques; de l'autre, par toutes leurs combinaisons, qui se font dans les mêmes proportions, qui ont une foule de propriétés communes, et souvent les mêmes caractères extérieurs; enfin par la facilité de se substituer l'un à l'autre dans les composés. Ils se rapprochent, d'ailleurs, du soufre et du sélénium, qui les lient avec l'arsenic et le phosphore.

Les corps naturels de cette division sont peu nombreux, et la plupart même ne sont que des raretés à peine connues. Les plus abondants, comme aussi les plus importants, sont le Salmare (sel marin ou sel commun) et la Fluorine, auxquels il faut ajouter la Kérargyre, qui, du moins au Pérou, a de l'importance comme minerai d'argent. Nous aurons donc peu à nous occuper des autres.

1° Groupe des Chlorides.

Corps solides pour la plupart (un seul gazeux), solubles ou insolubles dans l'eau.
Solution donnant par l'azotate d'argent un précipité blanc soluble dans l'ammoniaque, et qui se colore à la lumière.
Donnant tous du chlore, reconnaissable à l'odeur, par l'action de l'acide sulfurique sur leur mélange avec le peroxyde de manganèse.

Acide chlorhydrique.

§ 240. Corps gazeux, incolore d'une odeur piquante, acide, donnant des vapeurs blanches au contact de l'air; très-soluble dans l'eau, à laquelle il communique une forte acidité.

Le gaz se dégage souvent en grande quantité dans les phénomènes volcaniques, notamment au Vésuve, et se condense avec les

Digitized by Google

vapeurs aqueuses en formant alors des sources d'acide liquide, quelquefois assez abondantes. On le retrouve dans quelques eaux minérales, et quelquefois il se dégage des dépôts salifères.

Le chlore lui-même imprègne quelquefois les roches poreuses de certains épanchements volcaniques; par exemple, au Puy-Sarcouy en Auvergne.

L'acide chlorhydrique est un des acides les plus employés dans la teinture, pour faire *virer* les couleurs, pour composer certains mordants, pour préparer le chlore et les chlorures; mais c'est toujours par l'art qu'on se le procure alors.

Kérargyre. — *Argent corné.*

§ 241. Substance blanche ou brunâtre, demi-transparente, se coupant au couteau comme de la cire ou de la corne; attaquable par l'ammoniaque, déposant de l'argent métallique lorsqu'on la frotte sur une lame de fer avec un peu d'eau.

Cette matière, qui renferme 75 pour 100 d'argent, se trouve en petits cristaux qui sont des cubes, ou des octaèdres réguliers, ou en légers enduits à la surface de divers corps; quelquefois elle est en petites masses disséminées, et plus souvent en particules invisibles mélangées dans des matières terreuses ou ferrugineuses dont on peut l'extraire par l'ammoniaque.

La kérargyre est peu commune dans les mines d'Europe; mais elle existe en grande quantité au Mexique et au Pérou; elle y est mélangée avec des minerais de fer hydraté connus sous les noms de *pacos* et de *colorados*, renfermant aussi de l'argent natif, § 167, et formant des masses d'une très-grande richesse à la partie inférieure des terrains de sédiment.

Salmare. — *Sel commun, sel marin, sel gemme.*

§ 242. **Caractères.** — Chacun connaît sommairement cette substance; elle cristallise en cubes, creusés en trémie sur leurs faces quand la cristallisation s'est faite rapidement, mais qu'on trouve souvent très-nets dans la nature, et avec diverses modifications. Elle se présente aussi en masse compacte susceptible de clivage cubique, en masse lamellaire à grandes et à petites lames, en masse granulaire, en masse fibreuse.

Naturellement incolore, cette substance se trouve souvent dans le sein de la terre colorée en gris, en rouge, quelquefois en bleu par

Digitized by Google

des matières étrangères accidentellement mélangées. La matière rouge est le plus ordinairement de nature organique.

La composition du sel commun est 40 de sodium et 60 de chlore. L'acide sulfurique en dégage de l'acide chlorhydrique, et le liquide restant donne des aiguilles cristallines efflorescentes.

§ 243. **Gisement; usage.** — Le salmare se présente à nous en dépôts plus ou moins étendus renfermés dans le sein de la terre; il se trouve aussi en solution dans les eaux de certaines sources, de certains lacs, et dans les eaux des mers.

Les dépôts salifères se trouvent à tous les étages des terrains de sédiment, depuis les dépôts pénéens jusque dans les terrains tertiaires, § 176, note. Partout ils sont formés en grande partie de matières argileuses, qu'on nomme *argiles salifères*, grisâtres ou rougeâtres, au milieu desquelles le sel est tantôt disséminé, tantôt en nids, en veines ou en amas plus ou moins considérables, avec du sulfate de chaux, dont la quantité est plus ou moins grande. Ces assemblages de matières diverses se présentent en général comme des masses adventives au milieu de la formation géologique qui constitue la contrée. Dans certaines localités, les dépôts en sont immenses, et forment des montagnes entières, où le sel se présente quelquefois à nu, et peut être exploité à ciel ouvert comme les carrières de pierres à bâtir.

Il y a des contrées extrêmement riches en dépôts salifères : telles sont les deux pentes des Karpathes, d'un côté depuis Cracovie, où l'on trouve les fameuses salines de Williczka et de Bocnia, jusqu'en Moldavie, où l'on remarque surtout les salines d'Okna; de l'autre, dans la Hongrie et la Transylvanie, où il en existe aussi de très-importantes. Dans toutes ces contrées, le sel lui-même forme des amas immenses qui appartiennent aux terrains tertiaires, comme je l'ai fait voir le premier en 1818, et il est exploité par blocs, qui, par suite de la pureté de la masse, sont livrés immédiatement au commerce. Le Salzbourg, la Bavière, le Wurtemberg, en renferment aussi de grands dépôts salifères qui appartiennent au terrain pénéen; mais le sel est alors disséminé dans les argiles ou introduit dans les fissures du calcaire, et l'on ne peut plus extraire de blocs comme dans les localités précédentes; on introduit simplement des eaux dans la mine, et on les sort ensuite au dehors pour les évaporer et faire cristalliser.

En France, nous n'avons encore de mines exploitées que celles de Vic et de Dieuze en Lorraine, où le sel forme aussi des bancs puissants au milieu des argiles enclavées alors dans le grès bigarré. Au pied des Pyrénées les dépôts de sel sont en relation intime avec

Digitized by Google

les roches ignées, désignées sous le nom d'*ophites*, qui ont disloqué tous les dépôts de sédiment jusqu'aux derniers dépôts tertiaires. Il s'en trouve plus ou moins, avec des gypses, partout où l'on rencontre ces roches, et les masses salifères, çà et là très-considérables, se sont arrêtées, comme elles, dans les diverses formations qui ont été traversées, tantôt dans les terrains crétacés, tantôt dans les dépôts tertiaires.

En Angleterre, on cite surtout les salines de Norwich dans le grés bigarré; en Suisse celles de Bex, qui sont dans le lias; en Espagne celles de Cardona, encaissées dans la craie, et qui sont néanmoins de l'âge tertiaire, etc.

Les sources salifères sont très-nombreuses, et généralement dans les contrées où se trouvent les dépôts de sel, que sans doute les eaux traversent avant d'arriver au jour. Nous en avons beaucoup en Lorraine, en Franche-Comté, au pied des Pyrénées, etc. Il en existe de même dans un très-grand nombre de localités, soit en Europe, soit dans les autres parties du monde.

Les lacs salés sont aussi très-nombreux, et se trouvent principalement dans les grandes plaines de nos continents. La Russie d'Asie, la Sibérie, en renferment un grand nombre, ainsi que les plaines de l'Afrique. Le sol même des contrées où se montrent ces lacs est tout imprégné de sel, et l'on en cite des masses solides, qui se présentent à fleur de terre, dans les lieux où la sécheresse habituelle du climat permet leur conservation. Il est à remarquer que dans ces lacs, comme dans les eaux des mers, le sel commun se trouve accompagné de chlorure de calcium et de magnésium, de sulfate de soude, etc.

Le sel commun est tellement nécessaire à l'homme, qu'on l'exploite avec soin partout où il s'en trouve, et que partout les eaux des mers sont évaporées pour en tirer cette matière importante. Dans les parties favorisées par de riches dépôts, on en donne constamment aux bestiaux, qui en deviennent extrêmement friands, ce qui contribue beaucoup à les entretenir en santé; on en trouve alors des blocs à la portée de toutes les étables.

Outre la consommation journalière, il y a des contrées où l'on se sert du sel commun pour préparer du sous-carbonate de soude, si nécessaire pour les savonneries et les verreries. On en tire aussi tout l'acide chlorhydrique nécessaire aux arts.

Le sel commun, malgré son peu de valeur lorsqu'on défalque les droits, offre en Europe un produit brut de 150 millions de francs, qui s'accroîtrait énormément si une exemption d'impôt permettait d'en donner partout aux bestiaux,

Digitized by Google

Chlorures divers.

§ 244. Citons encore quelques autres matières de ce groupe sur lesquelles il n'est pas inutile d'avoir quelques notions.

Le Calomel se trouve avec le cinabre, en petits enduits et en petits cristaux blanchâtres, qui sont des prismes carrés.

La Kérasine, fort rare, qu'on trouve dans quelques mines de plomb, et qui est en cristaux prismatiques à bases carrées, a cela surtout de remarquable qu'elle nous offre une combinaison de chlorure de plomb avec l'oxyde de ce métal, circonstance dont nous connaissons plusieurs exemples dans les laboratoires.

L'Atakamite est dans le même cas; c'est un chlorure de cuivre combiné avec l'oxyde de cuivre, et hydraté. Cette matière, d'une belle couleur verte, se trouve au Pérou dans certains gîtes de minerais de cuivre : on la réduit en poudre, et elle est alors employée comme sable à mettre sur l'écriture dans tout le pays.

La Sylvine, ou *sel de Sylvius*, est mélangée en très-petites quantités avec le sel commun, dans les mines de Hallein et de Berchtesgaden en Salzbourg.

Les Chlorures de calcium et de magnésium, qui sont très-déliquescents, se trouvent dans les eaux des mers et celles de certains lacs, auxquelles ils donnent une saveur amère.

Le Salmiac, *sel ammoniac*, se trouve dans quelques houillères embrasées, dans les volcans, à la surface des laves, et dans des espèces de solfatares de l'Asie centrale, où des caravanes viennent l'exploiter en certains temps de l'année.

2° Groupe des Bromides et des Iodides.

§ 245. On a découvert le *bromure d'argent* dans les *pacos* et les *colorados* du Pérou et du Mexique, et on l'a reconnu depuis dans des matières semblables à Poullaoen en Bretagne. Il est assez abondant dans les premiers, et en petits cristaux cubiques de couleur verdâtre dans les seconds.

Les eaux mères des marais salants et de diverses salines du continent renferment des *bromures*. Privées de sel marin, elles donnent, par l'azotate d'argent, un précipité jaunâtre, qui, par cette couleur, se distingue du chlorure d'argent. On a annoncé du *bromure de zinc* dans les dépôts de calamine de Silésie.

L'*iodure d'argent* a été annoncé autrefois par Vauquelin dans des minerais argentifères qu'on disait être du Mexique; mais depuis

Digitized by Google

peu M. Domeyco l'a retrouvé en masses jaune verdâtre composant à lui seul un gîte abondant à Coquimbo au Chili.

On a indiqué des *iodures de zinc* et *de mercure*, le premier en Silésie, le second au Mexique.

Il y a des *iodures de sodium* et *de magnesium* dans les eaux des mers et dans certaines eaux minérales, telles que celles de Voghera, de Sales et de Castel-Nuovo d'Asti, en Piémont, qui sont connues pour le traitement des maladies scrofuleuses. Les eaux mères des salines de Schœnbeck en Magdebourg, celles de Guaca en Colombie, en renferment également. Toutes ces eaux précipitent par l'azotate d'argent; mais le précipité est insoluble dans l'ammoniaque, ce qui le distingue des chlorures et des bromures.

3e Groupe des Fluorides.

Corps donnant par la fusion avec l'acide phosphorique une vapeur qui corrode le verre du tube dans lequel on fait l'opération.

Fluorine. — *Fluor, spath fluor, chaux fluatée.*

§ 246. **Caractères.** — Substance vitreuse ou pierreuse offrant souvent des couleurs vives, cristallisant dans le système cubique; se clivant en tétraèdres ou en octaèdres réguliers; rayée par le verre; donnant généralement une phosphorescence très-marquée par l'action de la chaleur.

Fusible au chalumeau; attaquable par les acides, et surtout l'acide sulfurique, qui la décompose; solution subséquente précipitant abondamment par les oxalates, et non par l'ammoniaque.

La fluorine, souvent cristallisée, affecte presque toutes les formes du système cubique, si ce n'est le tétraèdre, qu'on n'obtient que par clivage. Souvent aussi elle se trouve en masse lamellaire ou bacillaire, quelquefois compacte, et enfin à l'état terreux. Rarement incolore, elle offre le plus souvent des couleurs vives. jaune, vert, rose, violet, plus ou moins foncées, souvent réunies par bandes et par zones sur le même morceau.

§ 247. **Gisement; usage.** — Cette substance, assez commune, est en général subordonnée aux gîtes métallifères, surtout à ceux de minerai de plomb; mais elle forme aussi des filons à elle seule, tant dans les terrains granitiques que dans les dépôts de sédiment qui en sont voisins.

Les variétés à couleurs vives, disposées en zones, en zigzags, ou entremêlées agréablement, sont employées pour faire des vases, des coupes, une multitude d'objets de fantaisie, d'un très-bel effet,

Digitized by Google

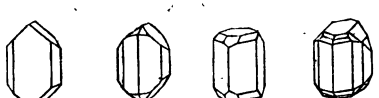
et souvent d'un prix fort élevé : c'était la substance des *vases Murrhins*, si célèbres dans l'antiquité. Aujourd'hui la plupart de ces objets se fabriquent en Angleterre ; en France, on a quelquefois employé, sous le nom de *prime d'émeraude*, des variétés verdâtres entremêlées par couches en zigzag avec du quartz, pour des incrustations qui ne sont pas sans agrément.

C'est avec la fluorine qu'on prépare l'acide fluorhydrique, dont on se sert pour la gravure sur verre comme de l'eau-forte pour la gravure sur cuivre. On couvre le verre d'une légère couche de cire, puis on dessine, avec une pointe, les objets qu'on veut graver, et on expose la plaque à la vapeur de l'acide, qu'on dégage par un mélange de fluorine en poudre et d'acide sulfurique.

§ 248. Il existe des *fluorures de cérium* et *d'yttria* qui se trouvent en très-petits nids dans les pegmatites de Brodbo et de Finbo en Suède. On connaît aussi une substance blanche, la *Cryolite*, clivable en prismes rectangulaires, qui se fond avec une grande facilité au chalumeau, et qui est un double composé de fluorure d'aluminium et de sodium. Elle se trouve au Groënland, en filons, dans des roches de cristallisation.

Topaze.

§ 249. Substance vitreuse, rayant le quartz, cristallisant en prismes rhomboïdaux clivables perpendiculairement à l'axe. Infusible au chalumeau, attaquable par les acides après la fusion avec le sel de soude ; solution donnant un précipité floconneux par l'ammoniaque.



La topaze, presque toujours cristallisée, offre des prismes rhomboïdaux diversement modifiés, comme dans les figures ci-jointes, qu'on trouve souvent roulés et brisés dans les ruisseaux de diverses contrées, ou même réduits en cailloux arrondis, qu'on distingue des cailloux de quartz par le clivage dont ils sont susceptibles. Quelquefois les cristaux sont assez gros, et, quand ils sont empâtés dans la roche, il arrive qu'en se brisant ils offrent des masses laminaires qui sont alors blanchâtres et plus ou moins opaques. Ailleurs ils sont au contraire très-petits, entassés les uns sur les autres, et produisent de petites masses granulaires.

Digitized by Google

Le plus ordinairement la topaze est jaunâtre; mais on la trouve aussi limpide, ou bien rosâtre et bleuâtre.

Cette substance appartient essentiellement aux terrains de cristallisation; elle en tapisse les fissures, ou bien s'y trouve disséminée, et surtout dans les pegmatites; elle existe aussi dans quelques amas métallifères, et particulièrement dans ceux d'étain. Elle est souvent abondante dans les terrains d'alluvion, comme au Brésil, où elle se trouve avec beaucoup d'autres substances.

La topaze est employée dans la joaillerie; elle nous vient aujourd'hui toute taillée du Brésil, et il n'y a plus qu'à assortir les pierres pour les parures. On nomme *topazes brûlées* des variétés rosâtres qu'on obtient le plus souvent en soumettant quelques variétés jaunes à l'action de la chaleur.

§ 250. On nomme Picnite une substance pierreuse, en masses bacillaires, des mines d'étain d'Altenberg en Saxe, qui renferme aussi de la silice, du fluor, et de l'alumine, dont les proportions diffèrent de celles qu'on trouve dans la topaze. La Condrodite, fluosilicate de magnésie, est une substance du système prismatique rhomboïdal qu'on a rencontrée en Suède et en Amérique, disséminée dans des calcaires grenus.

HYDROGÉNIDES, AZOTIDES.

§ 251. L'hydrogène et l'azote sont des corps qu'on ne sait trop où placer dans la série des corps simples. Ils ont quelque analogie d'un côté avec le carbone, de l'autre avec le soufre et le phosphore, ce qui conduit à les placer entre ces substances.

Nous avons peu de matières naturelles dans ce groupe; mais celles qui existent jouent un rôle assez important pour ne pas les passer sous silence. Dans les hydrogénides nous avons l'hydrogène et l'eau; dans les azotides, l'azote, l'air atmosphérique, et quelques azotates, dont le salpêtre est le plus important.

Hydrogène.

§ 252. Corps gazeux, incolore, inodore, très-léger, combustible, et donnant de l'eau pour résultat de la combustion.

L'hydrogène, qui est rare à l'état libre, paraît se dégager quelquefois par les crevasses qui se manifestent pendant les tremblements de terre; c'est peut-être là l'origine des flammes qu'on a quelquefois indiquées dans ces grandes catastrophes, et qui cependant pourraient être dues à de l'hydrogène carboné ou sulfuré. Il

Digitized by Google

s'en dégage, dit-on, quelquefois pendant les éruptions volcaniques, qui se trouve presque aussitôt brûlé par suite de l'élévation de température. Il est toujours mêlé aux vapeurs de naphte et à l'hydrogène carboné qui se dégage des salzes, § 279.

Eau.

§ 253. **Eau solide, glace, glaciers, glacières.** — L'eau, comme chacun le sait, se trouve dans la nature à trois états : solide, liquide, et gazeuse.

A l'état solide, l'eau cristallise dans le système rhomboédrique; ce qu'on observe en parcourant les hautes montagnes pendant l'hiver. Elle donne alors la double réfraction attractive, qui, comme on sait (§ 97), n'est encore connue que dans peu de substances. Elle forme à cet état les glaces perpétuelles des pôles au niveau même des mers, et au sommet des montagnes les neiges éternelles, qui commencent à différentes hauteurs, suivant la latitude. L'observation donne à cet égard les résultats suivants.

Vers 70° de latitude la limite inférieure des neiges perpétuelles est à environ	1,050 mètres.
Vers 60° à	1,500
Vers 45° à	2,550
Vers 20° à	4,600
Vers l'équateur à	4,800

Ces neiges éternelles, ou amas de grésil, constituent ce qu'on nomme les *glaciers*, dont il faut distinguer deux espèces : ceux qui commencent aux limites indiquées, et qui sont à peu près invariables, et ceux que forment les neiges qui tombent en certains temps dans les vallées plus basses, ou les *avalanches*, qui se détachent des premiers. Ceux-ci, qui se consolident par l'infiltration journalière des eaux provenant de la fusion de quelques-unes de leurs parties, et qui se meuvent constamment sur la pente du terrain, descendent même à 1,000 mètres au-dessus des mers dans nos climats, au milieu des prairies et des terres labourables de nos montagnes. Leur masse est très-variable, tantôt augmentant, tantôt diminuant, suivant le degré de chaleur et la durée des étés; quelquefois décroissant pendant plusieurs années de suite, puis augmentant de même pendant quelques autres. Ce sont ces glaciers accidentels qu'on a le plus souvent visités, et qui offrent les circonstances les plus remarquables. La neige agglutinée y forme des dépôts dont l'épaisseur est quelquefois de 8 à 900 metres, qui sont traversés

Digitized by Google

irrégulièrement par des crevasses profondes, et percés de puits dans lesquels s'engouffent de petits ruisseaux provenant de la fonte journalière de la surface. Des glaçons taillés en pyramides aiguës, en espèces de crêtes percées à jour, toutes prêtes à s'écrouler, en hérissent de toutes parts la surface et arrêtent à chaque pas le voyageur attiré par la curiosité : ce sont les plus grands, comme les plus effroyables spectacles de la nature. On a quelquefois comparé ces glaciers à une mer agitée par la plus violente tempête, et qui tout à coup se serait congelée pendant que ses lames écumantes semblaient menacer la terre d'un bouleversement général. Quelquefois cependant la surface est plus unie, et avec quelques précautions on peut y voyager en toute sécurité.

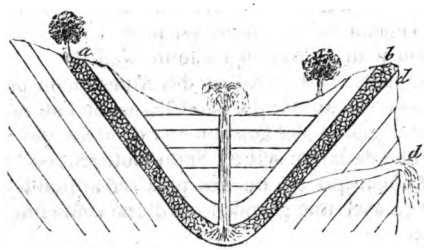
Dans nos climats, c'est au milieu des Alpes qu'on peut voir surtout les glaciers, soit autour du mont Blanc, où l'on remarque particulièrement le glacier des Bois, ou *mer de glace*, qui a cinq lieues de long sur une de large; soit au Saint-Gothard, où l'on trouve le glacier du Rhône, qui est un des plus remarquables, et d'où le fleuve sort déjà avec une grande force d'une voûte immense et profonde de glace.

Il se trouve aussi de la glace dans certaines cavernes, qu'on nomme à cause de cela des *glacières naturelles;* elle y est produite par l'évaporation rapide occasionnée par les courants d'air sur les eaux qui suintent dans ces cavités, et dont une partie dès lors se solidifie. Il se trouve de ces glacières naturelles dans les montagnes du Jura et principalement près de l'abbaye de Grâce-Dieu, à six lieues à l'est de Besançon.

§ 254. **Eau liquide. Puits absorbants et artésiens.** — Outre les mers qui enveloppent nos continents, les lacs qui existent partout et jusqu'au sommet des montagnes, les ruisseaux et les rivières qui sillonnent la surface de la terre, l'eau se trouve en amas plus ou moins considérables dans l'intérieur même du globe, et forme des rivières souterraines dont le courant même est quelquefois très-rapide. D'un côté, on voit quelquefois les eaux sortir en abondance du sein même des rochers, comme à la source du Loiret, à celle de l'Orbe, à ce qu'on nomme la fontaine de Vaucluse, la fontaine de Nîmes, etc., ce qui annonce des courants souterrains plus ou moins longs; d'un autre côté, les sondages qu'on a faits en tant de lieux différents pour les puits artésiens ont fait découvrir, à diverses profondeurs, des courants rapides, qui ont donné l'idée d'amener au trou de sonde les eaux dont on voulait se débarrasser : de là l'origine des *puits absorbants*, qui ne sont pas moins précieux pour certaines contrées que les puits artésiens eux-mêmes.

Digitized by Google

On nomme *puits artésiens*, parce qu'ils sont depuis longtemps en usage en Artois, des trous de sonde verticaux au moyen desquels, en certains lieux, les eaux situées à la profondeur remontent jusqu'à la surface, et quelquefois même y jaillissent à de grandes hauteurs. La condition essentielle pour obtenir un puits artésien est la présence d'une couche graveleuse relevée suffisamment de toutes parts, et comprise entre deux couches imperméables dont on perce la supérieure. Il est clair qu'une telle couche aboutissant à la surface du sol, en *a* et *b*, par exemple, absorbera continuellement les



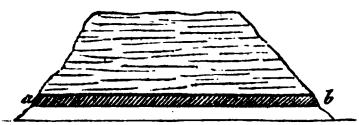
eaux pluviales par tout son pourtour, qui peut être quelquefois très-grand, et se remplira dès lors, entre les deux couches imperméables jusqu'à un certain niveau *c d;* si on vient alors à percer tous les dépôts qui recouvrent la couche aquifère, l'eau jaillira par le trou et s'élèvera au dehors jusqu'au niveau qu'elle atteint dans cette espèce de vase naturel. L'écoulement se continuera à la même hauteur s'il y a absorption suffisante au pourtour extérieur de la couche, et mieux encore, si en quelques points, *a*, *b*, etc., de ses affleurements, il passe quelque rivière qui puisse fournir constamment. C'est ainsi que la Creuse et la Vienne fournissent probablement aux puits artésiens de Tours, comme l'Yonne, l'Armançon, la Haute-Seine, l'Aube, la Haute-Marne et ses affluents, l'Aisne, etc., en roulant sur les grès verts qui nous entourent, fournissent au puits artésien de Grenelle à Paris.

Il est clair que ce qu'on fait ici artificiellement peut avoir lieu dans la nature par des fentes, soit dans le terrain qui recouvre la couche aquifère, soit dans celui qui la supporte, comme de *f* en *d;* et de là l'explication de la source du Loiret, des fontaines de Vaucluse, de Nîmes, etc.; des puits passagers qui débordent en certains moments dans le Jura; toutes circonstances qui peuvent se lier à la disparition des eaux de pluie et des ruisseaux dans les sables de certaines contrées plus élevées.

Digitized by Google

Les puits artesiens ramènent à la surface de la terre des eaux qui seraient complétement perdues pour diverses localités, et qui nous offrent alors de grandes ressources. On a proposé d'augmenter ainsi la masse des eaux de certains ruisseaux, ce qui offrirait souvent un avantage immense; on a même pensé qu'il serait possible de rendre à la culture certaines parties des déserts de l'Égypte, en amenant ainsi des eaux à la surface du sol, comme il paraît qu'on l'a pratiqué autrefois dans quelques oasis.

§ 255. **Sources ordinaires et thermales.** — Les sources ordinaires résultent en général de la filtration des eaux pluviales à travers le terrain jusqu'à une profondeur peu considérable, où elles sont arrêtées par les couches imperméables, comme *a b*, sur lesquelles elles glissent jusqu'au dehors. Ces eaux sont en général assez pures, ou ne renferment que les matières du terrain superficiel qu'elles ont traversé; elles sont ordinairement à la température moyenne de la contrée. Il y a d'autres sources qui présentent des caractères fort différents, dont les eaux sont chargées de matières étrangères aux terrains dont elles sortent immédiatement, ou qui sont à une température plus ou moins élevée : ce sont celles qu'on nomme *sources minérales* et *sources thermales*. Ces dernières ont de tout temps attiré l'attention, et on en a souvent cherché l'explication dans la décomposition des pyrites, ou dans la proximité des volcans. Aujourd'hui l'accroissement reconnu de la température à mesure qu'on descend dans l'intérieur de la terre, qui est d'environ 1° par 33 mètres au-dessous du point de température moyenne, fait naturellement conclure que la chaleur des eaux thermales tient à ce qu'elles viennent, comme celles des puits artésiens, d'une profondeur plus ou moins considérable, et qu'on peut même calculer dans chaque lieu*. On conçoit qu'à ces profondeurs, et à une température convenable, les eaux puissent agir sur beaucoup de corps, et en extraire des matières qui les distinguent de celles qui proviennent des filtrations superficielles.



Les eaux minérales sont assez variées par la nature des principes qu'elles renferment, et se présentent dans un grand nombre de localités, où elles sont plus ou moins renommées sous le rapport médical. Les eaux chaudes sont également assez communes; mais celles

* Il n'a fallu percer que 548 mètres au milieu de la plaine de Paris pour avoir un puits artésien dont l'eau est constamment à la température de 27°.

Digitized by Google

dont la température arrive jusqu'à l'ébullition sont rares et l'on ne connaît en France que les eaux de Chaudes-Aigues et de Vic, dans le Cantal, qui soient dans ce cas; il y a même fort peu d'autres localités connues à la surface du globe.

§ 256. **Eau en vapeur.** — L'air atmosphérique est constamment mélangé de vapeur d'eau, qui tantôt y reste à l'état invisible, tantôt se condense en gouttelettes fines qui s'interposent dans l'air et constituent alors les brouillards et les nuages. Il se fait aussi, par les fissures des roches, tant dans les volcans et les solfatares qu'à travers certains terrains calcaires, des éruptions de vapeur à 100^{d} qui s'élèvent en colonnes blanches, quelquefois très-hautes, en produisant dans quelques cas un bruit assez fort, comme si elles sortaient d'une chaudière à vapeur. C'est le phénomène des *fumarolles* ou *soufflards*, qui ne présente nulle part une plus grande intensité qu'en Toscane dans les collines calcaires de Monte Cerboli, Castel Nuovo et Monte Rotondo.

§ 257. **Eau combinée.** — A l'état de combinaison, l'eau se trouve dans un grand nombre de corps naturels, que l'on nomme à cause de cela des *hydrates*. La limonite et le gypse en sont des exemples importants dans les corps que nous avons étudiés, et ce sont eux probablement qui en présentent la plus grande quantité ainsi fixée à la surface du globe.

Azote et Azotates.

§ 258. L'*azote* est un gaz incolore, inodore, n'entretenant ni la combustion ni la vie, incombustible, insoluble dans l'eau. Il se dégage quelquefois des fentes de la terre pendant les secousses de tremblement de terre, et c'est à cela qu'on attribue l'asphyxie des animaux qui a lieu quelquefois dans ces grandes convulsions de la nature; suivant Humboldt et Parrot, il s'en dégage aussi des salzes, § 279, avec l'hydrogène carboné.

Le mélange de 78 d'azote et 22 d'oxygène constitue l'air atmosphérique La combinaison de ces deux gaz, dans la proportion de 26 à 74, donne l'acide azotique, qu'on trouve quelquefois libre, dans les pluies d'orage, le plus souvent combiné avec l'ammoniaque; ailleurs il est à l'état d'azotate de potasse, de soude, de chaux, de magnésie.

§ 259. L'*azotate de potasse*, ou Salpêtre, qui cristallise en prismes rhomboïdaux, se trouve en efflorescence dans un grand nombre de lieux, surtout au milieu des grandes plaines de nos continents; comme en Hongrie, dans l'Ukraine et la Podolie, dans les

Digitized by Google

plaines de la mer Caspienne, en Perse, en Arabie, dans les déserts de l'Égypte. Il existe aussi dans diverses cavernes, tant des terrains calcaires que des terrains feldspathiques. Il paraît dû en général à une formation journalière, mais dont il est difficile d'assigner la cause. Dans nos écuries, et autour de nos habitations, où il s'en forme journellement d'assez grandes quantités, on en trouve l'origine dans la décomposition des matières animales qui fournissent l'azote; mais partout ailleurs cette explication ne paraît plus suffire et c'est dans l'air même qu'il faut chercher l'azote : on sait à cet égard qu'il faut le contact de l'air avec des matières poreuses calcarifères, et le concours de l'humidité, pour que la combinaison avec l'oxygène puisse s'effectuer.

Le salpêtre est récolté partout où il se trouve sous la main de l'homme, et la plus grande partie est employée pour la fabrication de la poudre à canon. On le prépare souvent au moyen des vieux plâtras des écuries et des caves qui renferment quelquefois beaucoup d'azotate de chaux, qu'on décompose par le carbonate de potasse; mais le sel qu'on obtient ainsi revient beaucoup plus cher que celui qu'on pourrait se procurer par la voie du commerce, en le tirant des contrées où il est naturellement tout formé.

§ 260. L'*azotate de soude*, nommé aussi *nitre cubique*, parce qu'il cristallise en rhomboèdres qu'on a pris dans le principe pour des cubes, se trouve naturellement en couches de deux à trois pieds d'épaisseur, à structure granulaire, dans les environs de la baie d'Yquiqué, au Pérou, sur une étendue de plus de quarante lieues, dans les districts de Tarapaca et d'Atakama; il est quelquefois à nu, ou seulement recouvert par une couche d'argile ou de sable. On l'exploite pour la préparation de l'acide azotique et la fabrication de l'acide sulfurique; il ne peut être employé pour la poudre, parce qu'il est un peu déliquescent.

GROUPE DES CARBONIDES.

Corps solides, liquides ou gazeux : les uns combustibles et donnant alors de l'acide carbonique, d'autres attaquables par les acides et dégageant avec effervescence du gaz acide carbonique; un autre enfin à l'état même d'acide carbonique, gazeux ou dissous dans l'eau.

§ 261. Les corps renfermés dans ce groupe sont le carbone et un assez grand nombre de combinaisons mal définies de carbone avec l'hydrogène et l'oxygène, quelques carbures, enfin l'acide carbonique libre et des carbonates.

Nous ne trouvons le carbone pur que dans le diamant ou le gra-

Digitized by Google

phite, qui ne diffèrent que par le mode d'agrégation moléculaire, et qui sont les seules espèces charbonneuses définies. Les combinaisons de carbone avec l'hydrogène et l'oxygène constituent les matières qu'on désigne vulgairement sous le nom de *charbon de terre*, et celles qu'on appelle *bitume*. Les charbons de terre proviennent d'une accumulation de débris végétaux qui ont subi diverses modifications en vertu desquelles il s'est formé des combinaisons particulières de leurs éléments*. Ils ne peuvent, du moins actuellement, former en aucune matière des espèces minéralogiques distinctes; mais, vu leur importance dans les arts, nous devons les décrire, à la suite du diamant, sous les noms par lesquels ils sont habituellement connus dans les usages de la vie ou dans le commerce.

Le peu de carbures que nous connaissons dans le règne minéral sont des carbures d'hydrogène. L'un d'eux est important à connaître, par suite du rôle qu'il joue çà et là dans la nature, ou des dangers qu'il présente quelquefois dans les mines; les autres semblent nous donner la clef par laquelle nous arriverons à classer les matières bitumineuses et les charbons de terre.

Les carbonates nous présenteront des observations importantes d'analogies; l'un d'eux mérite toute notre attention, à cause de son abondance dans les terrains de sédiment, et un autre comme minerai de fer riche et facile à traiter.

Diamant.

Carbone, Combustibles charbonneux, et Carbures.

§ 262. **Caractères.** — Corps vitreux, doué d'un éclat particulier, très-dur, et rayant tous les corps sans être rayé par aucun; toujours en cristaux dont les faces sont le plus souvent arrondies. Clivages faciles, parallèlement aux faces de l'octaèdre régulier, et donnant beaucoup de fragilité à la matière; poids spécifique, 3,52. Se dépolissant facilement au feu d'oxydation; fusant au feu, aussi bien que toutes les matières charbonneuses, lorsque, réduit en poudre, il est mêlé avec du salpêtre.

La limpidité parfaite est rare; le plus souvent elle est salie par des teintes jaunâtres ou brunâtres. Rarement aussi on trouve des

* Il résulte de diverses expériences que nous avons commencées, et que les circonstances ne nous ont pas permis de finir, que les végétaux exposés à des températures comprises entre 100 et 200 degrés, sous des pressions convenables, se changent en matières tout à fait analogues au lignite, à la houille et au bitume.

Digitized by Google

couleurs bien décidées et vives. Il y a des diamants noirs et complétement opaques qui ont néanmoins un éclat extraordinaire quand ils sont polis.

§ 263. **Gisement.** — On a trouvé au Brésil le diamant disséminé dans les roches micacées nommées itacolumite, § 162, ainsi que dans les grès supérieurs qui y passent par toutes les nuances, où il a été même exploité pendant quelque temps. Néanmoins, depuis la découverte, on l'a recueilli dans les alluvions formées aux dépens de ces premiers dépôts, où se trouvent en même temps l'or et le platine, avec des débris de fer oligiste et magnétique, de rutile, de zircon, et divers autres silicates en cristaux roulés qui proviennent de l'itacolumite. A Bornéo, on a reconnu cette substance dans des débris de serpentine où se trouvent aussi de l'or et du platine. Dans l'Inde, c'est dans des espèces de grès qu'elle se rencontre; et en Sibérie elle paraît provenir des dolomies carbonifères.

Le diamant se trouve disséminé en petite quantité dans ces dépôts, et fréquemment enveloppé d'une pellicule terreuse assez adhérente qui empêche de le reconnaître avant qu'il ait été lavé : aussi procède-t-on à sa recherche par un lavage à grande eau, capable d'entraîner les parties terreuses; on enlève les cailloux grossiers, puis on cherche dans le résidu.

On ne connaît le diamant que dans un petit nombre de localités C'est aux Indes, dans le Dekan, et particulièrement dans les vallées du Pannar et de la Krichna, qu'on l'a d'abord connu. Il existe également à l'île de Bornéo; on l'a trouvé au Brésil au commencement du dix-huitième siècle, et en 1829 en Sibérie.

§ 264. **Quantité, valeur, usage.** — La quantité de diamants fournie annuellement au commerce par le Brésil, qui depuis la découverte en a eu à peu près seul le privilége, ne s'élève pas à plus de 6 ou 7 kilogr. (le volume de deux litres) qui ont coûté plus d'un million de frais d'exploitation . aussi cette matière, même à l'état brut, est-elle toujours fort chère. Les diamants défectueux, reconnus pour ne pouvoir pas être taillés, se vendent déjà moyennement à raison de 156 fr. le gramme* (15 fois la valeur de l'or), soit pour faire la poussière de diamant, ou *égrisée*, dont on se sert pour tailler et polir les autres, soit pour garnir les outils avec lesquels on grave les pierres fines, ou enfin pour couper le verre. Les très-petits diamants, susceptibles d'être taillés, valent en lots jusqu'à 230 fr. le gramme; mais à peine pèsent-ils chacun 50 milligrammes, que le

* Depuis longtemps on a l'habitude, dans la vente du diamant, de prendre pour unité un poids, qu'on nomme *karat*, qui équivaut à 212 milligrammes.

Digitized by Google

prix augmente considérablement, et que pour les poids au-dessus la progression est très-rapide ; à $\frac{1}{2}$ gramme, un diamant brut vaut 260 à 280 fr.; à 1 gramme il vaut plus de 1,000 fr. On conçoit que le diamant taillé soit beaucoup plus cher; car d'un côté il a coûté du temps et a perdu de son poids, et de l'autre on a pu apercevoir alors beaucoup de défauts qui en font rejeter un grand nombre Un diamant taillé de 1 gramme qui est déjà une belle pierre, et de la grosseur ci-contre vaut à peu près 3,500 fr.

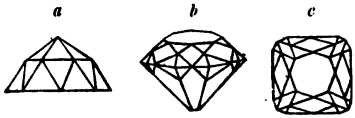
Plus les diamants sont volumineux, plus ils sont rares, et aussi plus leur prix est proportionnellement élevé. On n'en connaît que quelques-uns dont le poids soit au-dessus de 20 grammes. Les plus gros diamants connus sont :

Celui d'Agrah, pesant environ.	133 grammes.
Celui du radjah de Mattan à Bornéo.	78
Celui de l'ancien empereur du Mogol.	65
Celui de l'empereur de Russie.	41
Celui de l'empereur d'Autriche.	29,55
Celui du roi de France (qu'on nomme le *Régent*).	29,89

Les cinq premiers sont de mauvaise forme. Le dernier est parfait sous tous les rapports; il pesait, avant la taille, 87 grammes, et a coûté deux années de travail; il a été acheté dans le principe pour 2,250,000 fr.. et il est estimé plus du double.

Ces beaux diamants viennent de l'Inde ou de Bornéo. Le plus gros qu'on ait trouvé au Brésil, et qui conserve la forme naturelle octaèdre, pèse 25^{gr},52 suivant les plus fortes estimations; il appartient au Portugal.

Dans l'Inde, on taille le diamant de manière à lui conserver tout son volume. En Europe, on sacrifie beaucoup du volume de la pierre pour enlever un défaut et se procurer une belle forme. Les formes admises sont la *rose*, fig. *a*, pour les pierres de peu d'épaisseur qu'on ne veut pas trop diminuer, et le *brillant*, fig. *b* et *c*, pour les pierres épaisses, qu'on monte alors entièrement à jour.



On sait combien le diamant est recherché pour la joaillerie, tant par sa rareté que par son éclat et les jeux de lumière qu'il produit, surtout aux bougies. On imite cette dernière propriété par des verres chargés d'oxyde de plomb, et qu'on désigne sous le nom de *strass* : il en est dont la perfection est telle, que l'œil le plus habile y peut être trompé si le toucher ne vient à son secours.

Digitized by Google

On recherche en général les diamants limpides; la moindre teinte leur ôte du prix, et ce n'est qu'avec des couleurs vives, surtout le rose, le bleu et le vert, qu'il reprend sa valeur ordinaire, ou même un peu plus, à cause de la rareté.

Graphite. — *Plombagine.*

§ 265. Matière gris-de-plomb, ou gris-de-fer, douée de l'éclat métallique, douce au toucher, et tachant les doigts; rayée par tous les corps quand elle est pure; fusant avec le salpêtre, brûlant très-difficilement au feu d'oxydation du chalumeau, ne donnant aucune matière volatile à la distillation; aucune trace d'hydrogène dans sa composition; poids spécifique, 2,45.

Le graphite se trouve dans les terrains de cristallisation, ou dans les dépôts de sédiment voisins. Il est quelquefois disséminé dans les premiers en petits nids ou en lamelles; mais il forme aussi dans les uns et les autres des amas de filons. Souvent il est mélangé avec les schistes argileux, auxquels il donne une couleur noire, un éclat métalloïde, et la propriété de tacher. Il existe dans un grand nombre de lieux; mais le plus beau gisement connu, par l'étendue du dépôt, par la pureté, l'homogénéité et la compacité de la matière, est celui de Borrodale en Cumberland. Viennent ensuite les gîtes de Passau en Bavière, où le graphite est souvent très-pur, mais à texture lâche et grossière.

Le graphite s'emploie principalement pour la fabrication des crayons dits *de mine de plomb*. Les belles variétés d'Angleterre, par leur pureté, leur compacité, l'adhésion mutuelle des particules, sont jusqu'ici les seules qui donnent les crayons fins, et il suffit de les diviser en petites baguettes qu'on enchâsse dans du bois. Mais ces crayons simples sont rares et toujours fort chers; tous les autres sont composés avec du graphite réduit en poudre, et mêlé avec des matières propres à l'agglutination; il en est encore de bons quand on a employé du graphite bien pur. Les crayons les plus communs renferment des matières étrangères, et souvent du sulfure d'antimoine. Après les crayons anglais fabriqués avec la mine pure, les meilleurs sont ceux de Passau, dont quelques-uns sont faits de la même manière, mais manquent souvent de ténacité.

On emploie aussi le graphite pour adoucir le frottement des machines en bois; on en enduit le fer pour le préserver de la rouille, et on en fait des creusets, dits *creusets de mine de plomb*, qui sont très-réfractaires.

Digitized by Google

Anthracite. — *Houille éclatante.*

§ 266. Matière noire, le plus souvent brillante, sèche au toucher, brûlant avec difficulté sous l'action du chalumeau, sans flamme ni fumée, et se couvrant d'un léger enduit de cendre blanche; poids spécifique, 1,4.

L'anthracite ne donne presque rien à la distillation, et les fragments ne subissent alors aucun changement. A la calcination en plein air, elle devient friable, sans changer encore de forme, et perd alors de 5 à 10 pour 100 de matière volatile. Sa composition ne présente que 2 à 3 d'hydrogène et autant d'oxygène. Les cendres sont quelquefois à peu près nulles, et ne s'élèvent pas en général à plus de 5 à 6 pour 100.

Cette substance est tantôt compacte, tantôt feuilletée, quelquefois granulaire, et même tout à fait terreuse. Elle se présente en masses et en couches dans les terrains de sédiment, mais particulièrement dans ceux qui sont rapprochés des terrains de cristallisation, ou enclavés au milieu d'eux. Elle appartient surtout aux terrains dévoniens, § 176, note, quoiqu'on en rencontre aussi au milieu des Alpes, dans des terrains beaucoup plus modernes. Les dépôts se composent de lits alternatifs de matières arénacées ou schisteuses, et de combustibles. Les schistes renferment des débris végétaux ordinairement peu caractérisés, qui appartiennent déjà, comme ceux des dépôts houillers, à la famille des fougères et à celle des équisétacées.

Les gîtes d'anthracite les plus considérables en France sont ceux des bords de la Loire, entre Angers et Nantes, qui se prolongent dans l'Ille-et-Vilaine, et qu'on retrouve dans la Mayenne et dans la Sarthe. Il s'en trouve aussi dans les montagnes de Tarare, qui pourraient être d'une grande ressource dans cette position.

Cette matière charbonneuse peut être employée comme combustible, et produit une chaleur très-intense; mais elle est souvent difficile à allumer, et exige, pour la combustion, des fourneaux où il puisse passer une grande quantité d'air. On l'a employée avec succès dans les fonderies, et elle est très-avantageuse dans toutes les opérations qui exigent une haute température; mais elle ne peut servir que dans les travaux en grand, car elle ne brûle qu'autant qu'elle est en grande masse, et on ne peut parvenir à en allumer une petite quantité; si même on en tire un morceau du brasier le plus ardent, il s'éteint à l'instant.

Un inconvénient fréquent de l'anthracite est de se briser au feu

Digitized by Google

en petits fragments, qui, en se tassant les uns sur les autres, interceptent trop le passage de l'air. Il n'est plus possible alors de les faire brûler, et il faut en débarrasser le fourneau.

Houille. — *Charbon de pierre, charbon de terre.*

§ 267. **Caractères.** — Substance noire plus ou moins brillante, s'allumant et brûlant avec facilité au chalumeau, avec flamme, fumée noire et odeur bitumineuse.

Donnant à la distillation des matières bitumineuses, de l'eau, des gaz, fréquemment de l'ammoniaque, et laissant pour résidu un charbon poreux, le plus souvent brillant, où les fragments sont soudés entre eux, et qui souvent a pris plus ou moins parfaitement les formes du vase.

A la calcination en plein air pendant quelques minutes, il se dégage de 20 à 40 pour 100 de matières volatiles.

Ces combustibles sont formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans des proportions qui sont assez variables, avec une légère quantité d'azote. Les variétés pures de mélanges terreux ne donnent pas plus de 2 à 4 pour 100 de cendres.

Les houilles ont des propriétés très-différentes, suivant les quantités relatives d'hydrogène et d'oxygène qu'elles renferment; par là se trouvent très-bien caractérisées les diverses variétés que l'industrie a depuis longtemps distinguées, savoir :

La *houille forte* ou des *hauts fourneaux*, qui renferme à peu près 5 pour 100 d'hydrogène et un peu moins d'oxygène; qui perd 20 à 25 pour 100 de matières volatiles par une calcination de quelques minutes à l'air libre *, et donne un charbon dur, plutôt poreux que boursouflé, d'un éclat métalloïde. Elle est excellente pour les travaux qui demandent un feu vif et soutenu.

La *houille maréchale*, dont les fragments s'agglutinent fortement et se fondent ensemble pendant la combustion, renferme encore à peu près 5 d'hydrogène, mais un peu plus d'oxygène. Elle perd de 25 à 30 pour 100 par la calcination, et laisse pour résidu un charbon très-boursouflé.

La *houille des foyers, à longue flamme*, où l'augmentation de l'hydrogène est peu de chose, renferme déjà 7 à 8 pour 100 d'oxy-

* M. Regnault (*Annales des Mines*, 1837), à qui nous empruntons les données de composition, calcine la matière réduite en petits fragments pendant 7 ou 8 minutes dans un creuset de platine. C'est un excellent essai pratique pour juger de la qualité de la houille.

Digitized by Google

gène; elle perd au moins 30 pour 100 à la calcination, et donne pour résidu un charbon poreux, où les fragments, quoique bien soudés, sont distincts les uns des autres. Elle convient au chauffage domestique, à la fabrication du gaz, et pour la grille dans les opérations qui demandent un bon coup de feu.

La *houille sèche, à longue flamme*, où l'oxygène augmente encore jusqu'à 16 et 18 pour 100, et où le carbone diminue à proportion. Elle perd au moins 40 pour 100 de matières volatiles à la calcination, et donne un charbon poreux, où les fragments restent à peu près isolés. Ces houilles, qui donnent moins de chaleur, sont bonnes pour les chaudières d'évaporation.

Si nous connaissons bien les quantités relatives de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans un assez grand nombre de houilles, nous ignorons encore comment ces éléments sont réunis pour en former les principes immédiats. Il est probable qu'il y a ici mélange de divers composés formés à la manière des substances organiques, dont les uns sont de simples carbures d'hydrogène, peut-être de diverses espèces, et les autres des carbures oxygénés. C'est quand on pourra séparer ces diverses matières qu'on connaîtra réellement les différents combustibles charbonneux qui se trouvent dans le sein de la terre.

§ 268. **Gisement.** — La houille appartient aux terrains de sédiment, et principalement à cette partie que sa présence a fait nommer groupe carbonifère, § 176, note, qui se compose de lits alternatifs de grès, d'argile schisteuse et quelquefois de calcaire. Le combustible forme dans les grès des couches plus ou moins puissantes, souvent enchevêtrées avec celles des matières arénacées, et dont il existe ordinairement plusieurs les unes au-dessus des autres : il y a des localités où l'on en compte plus de soixante ainsi superposées. Les grès qui les séparent sont souvent remplis eux-mêmes de matières charbonneuses, et surtout dans le voisinage des couches; ils passent à des matières fines schisteuses, qu'on nomme *schistes charbonneux* ou *schistes bitumineux*. L'épaisseur des couches de la houille varie considérablement, depuis quelques centimètres jusqu'à un mètre ou deux, quelquefois jusqu'à six ou sept mètres, mais ces derniers ne sont que des assemblages de couches minces, séparées par des lits minces de matières étrangères très-fines et toujours très-chargées de charbon.

Il y a cependant aussi de véritables houilles dans les terrains supérieurs, et jusqu'à la fin des terrains jurassiques; mais ce sont en général des houilles sèches, et qui ne forment pas des dépôts aussi considérables que ceux du terrain carbonifère.

Digitized by Google

Les débris végétaux sont nombreux, et en général bien caractérisés dans les dépôts de houilles, et c'est dans les matières terreuses et schisteuses qu'ils se rencontrent particulièrement. Ce sont le plus souvent des empreintes de feuilles, mais quelquefois aussi des tiges de diverses espèces, le plus souvent écrasées. Le plus grand nombre de ces débris appartient à la famille des fougères et à des espèces de haute taille, comme on en connaît sous l'équateur; mais il y en a beaucoup aussi de la famille des équisétacées, même des lycopodiacées et des aroïdées, tous de haute taille. Les conifères, dont on trouve diverses espèces qui se rapprochent des araucaria, paraissent surtout, d'après la consistance de leur bois, avoir eu une grande part dans la formation du combustible. Dans les dépôts supérieurs au terrain carbonifère, où les espèces de fougères sont généralement différentes, il se trouve en outre des débris de cycadées qui ont fait donner le nom de *stipite* au combustible; mais ce nom est aujourd'hui abandonné, parce que la matière ne présente pas de caractères assez saillants pour être distinguée de la houille.

Les couches de houille, du moins dans la formation carbonifère, ne sont pas toujours planes dans toute leur étendue; elles sont fréquemment *en forme de bateau*, c'est-à-dire qu'à partir du point le plus bas elles se relèvent plus ou moins rapidement de tous côtés, conformément aux pentes des montagnes environnantes. Souvent elles sont repliées sur elles-mêmes, en formant un nombre plus ou moins considérable de zigzags plus ou moins ouverts. Dans beaucoup de cas, il arrive que les couches les mieux réglées se trouvent tout à coup bouleversées; combustibles et matières terreuses, tout se trouve brisé, et les fragments sont alors entremêlés de manière que l'exploitation devient impossible.

Les gîtes de houilles de cette grande formation se trouvent indifféremment à toutes les hauteurs; on en cite à 4,600 mètres, tandis que d'autres se trouvent au niveau des mers, comme en Flandre, ou même au-dessous, comme à Whitehaven en Angleterre, où l'exploitation s'avance à plus d'un quart de lieue sous la mer, et à plus de 100 mètres au-dessous de son fond. Ils se présentent souvent en bassins particuliers, isolés les uns des autres, mais réunis sur une zone d'une certaine étendue : c'est ce qu'on voit dans le centre et dans le midi de la France. Ailleurs les gîtes qu'on observe semblent se rattacher plus directement les uns aux autres, et avoir fait partie d'un même tout, morcelé et disloqué de diverses manières. Telles sont les houillères du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre, qui semblent appartenir à un seul et même dépôt qui aurait couvert un espace immense.

Digitized by Google

Les dépôts de houille sèche des terrains supérieurs offrent moins d'irrégularité que ceux des terrains carbonifères; ils paraissent plus indépendants les uns des autres, et offrent toujours des amas entre deux couches sédimentaires successives.

§ 269. **Localités principales; usage.** — La houille est abondante dans un grand nombre de lieux, et probablement on la trouvera dans toutes les contrées dont le sol appartient aux dépôts de sédiment inférieur, à mesure que l'industrie s'y développera. Il n'y a que les régions formées par les terrains de cristallisation, ou par des dépôts de sédiment trop modernes, qui en soient pour toujours privées; sous ce rapport une grande partie du nord de l'Europe, la Suède, la Norvége, la Russie, etc., se trouve dans une position très-désavantageuse; il en est de même de l'Italie

Le centre de l'Allemagne présente une assez grande quantité de houille exploitée activement. L'Angleterre en renferme une abondance extrême, et nous en possédons en France des gîtes considérables. Les dépôts du département du Nord se rattachent à ceux de la Belgique, et se montrent depuis le Pas-de-Calais jusqu'au delà d'Aix-la-Chapelle; à la suite se trouvent les terrains houillers des duchés de Luxembourg et de Deux-Ponts, qui se prolongent peut-être dans la Moselle, et ceux du Haut-Rhin, qui sont peu considérables.

Il existe une quantité prodigieuse de houille autour du groupe granitique qui s'élève au centre de la France : dans le département de Saône-et-Loire, où se trouvent, le long du canal du Centre, les mines du Creuzot, de Montcenis, etc.; dans la Nièvre, où il y a des exploitations à Decize; dans l'Allier, le long de la vallée de la Queune, où sont les mines de Noyant, de Fins, etc., et dans le Puy-de-Dôme. Les dépôts se prolongent, par Roanne, Montbrison, Saint-Étienne, Rive-de-Gier, dans le département de la Loire et du Rhône, puis dans l'Ardèche, le Gard, l'Hérault et l'Aude, jusqu'au pied des Pyrénées. De là on retrouve la houille, et quelquefois en quantité immense, dans le Tarn, l'Aveyron, le Lot, la Dordogne, et enfin dans le Cantal. Nous en retrouvons aussi dans les départements de la Vendée, du Finistère et de la Manche, et il en existe quelques dépôts dans le département du Var.

La houille est une des matières minérales les plus précieuses, et l'industrie lui doit la plus grande partie de ses progrès. C'est, en effet, à ce combustible qu'est due la propagation des machines à vapeur, qui suppléent aux cours d'eau, dont tant de contrées sont privées. Les fonderies, les usines de tout genre, en font une consommation prodigieuse autour des lieux d'extraction, et dans tous ceux où elle peut arriver à bon compte. Il s'en extrait annuelle-

Digitized by Google

ment, en France, pour 50 millions de francs. Malheureusement nous avons beaucoup à désirer relativement aux moyens de transport, qui sont souvent trop dispendieux pour diverses localités.

On augmente le nombre des applications de la houille en la carbonisant, c'est-à-dire en la privant, par une distillation plus ou moins parfaite, du bitume qu'elle renferme, et d'où résulte le charbon poreux, brillant, dur, nommé *coke*, qui produit une grande chaleur par la combustion, et qui est très-important dans une multitude d'opérations. La matière bitumineuse qu'on en retire est employée à divers usages, et très-utile dans la marine.

C'est aussi par la distillation de la houille qu'on obtient le gaz d'éclairage, qui se dégage tout formé, mais qu'il est nécessaire d'épurer avant de le livrer à la consommation. On lui fait pour cela traverser de l'eau de chaux ou des matières incohérentes imprégnées de chaux délayée.

Certains schistes bitumineux très-riches en matières charbonneuses sont encore employés comme combustibles, mais ils ont l'inconvénient de donner une grande quantité de cendres. Il en est d'autres dont on peut tirer un parti plus avantageux par la distillation; on en obtient alors, après plusieurs opérations successives, des goudrons, des matières grasses, des huiles plus ou moins épurées qui peuvent servir pour préparer des vernis, parce qu'elles dissolvent les résines, et pour l'éclairage. Ce sont les *huiles de schistes*, qui donnent dans des lampes fort simples une lumière plus belle que celle des huiles ordinaires dans les appareils les plus parfaits.

§ 270. **Inflammation des houillères.** — Les dépôts de houilles sont sujets, dans le sein même de la terre, à s'enflammer spontanément. Il s'en fait alors ordinairement une combustion lente, parce que l'air arrive difficilement dans ces masses, mais quelquefois aussi il se fait des crevasses dans le terrain, et, l'air venant à pénétrer librement, il en résulte une inflammation très-vive, qu'on a souvent beaucoup de peine à arrêter, soit en bouchant les ouvertures, soit en faisant arriver des ruisseaux pour éteindre l'incendie. La chaleur dégagée par ces combustions calcine toutes les matières environnantes, réduit les parties schisteuses en *tripoli* ou bien en matières à demi vitrifiées, qu'on nomme *porcellanites*, quelquefois même en *matières scoriacées*. Il se forme fréquemment aussi des *matières alunifères*, et dans quelques points il se dégage du sel ammoniac des fissures du terrain, quelquefois en assez grande quantité pour mériter d'être récolté.

Les lignites, dont nous allons parler, sont sujets aux mêmes embrasements et produisent les mêmes effets.

Digitized by Google

Lignite. — *Houille maigre, bois bitumineux.*

§ 271. **Caractères.** — Matière noire ou brune, généralement moins brillante que la houille, s'allumant et brûlant facilement avec flamme, fumée noire et odeur bitumineuse; donnant à la distillation des matières bitumineuses et de l'eau, qui renferme souvent de l'acide acétique; laissant un charbon brillant, compacte, qui conserve sensiblement la forme des fragments employés.

A la calcination à l'air libre, il se dégage de 50 à 70 pour 100 de matières volatiles; et il reste un charbon assez analogue à la braise, qui conserve la forme des morceaux, et continue à brûler seul jusqu'à se réduire en cendre.

La quantité d'hydrogène est encore de 5 à 6 dans ces combustibles, mais l'oxygène va de 18 à 27. C'est avec des houilles sèches à longue flamme que les lignites ont le plus d'analogies; mais, le carbone diminuant encore, la chaleur produite est moindre. Il y a aussi des variétés où l'hydrogène augmente beaucoup; l'oxygène diminue alors en proportion, et la matière se rapproche des bitumes. Dans ce cas elle se fond facilement et ne laisse qu'un charbon boursouflé, très-léger, qui ne produit pas de chaleur.

Le lignite se présente quelquefois sous la forme de branches d'arbres, qui, à l'intérieur, offrent le tissu ligneux des conifères ou des dicotylédones; mais les grandes masses sont compactes ou schistoïdes, sans aucune apparence de tissu organique : la matière présente alors une certaine analogie extérieure avec la houille, dont elle diffère cependant par moins d'éclat.

§ 272. **Gisement; usage.** — Les débris organiques végétaux qui accompagnent les dépôts de lignites sont tout différents de ceux de la houille; les cryptogames vasculaires ont ici complétement disparu, et ce sont des bois de conifères qui composent uniquement la masse du combustible, dans laquelle on trouve souvent des bois parfaitement conservés; les impressions de feuilles, qui sont communes dans les argiles schisteuses, ont toutes un certain air de famille avec celles de nos dicotylédones actuelles. On trouve dans les matières terreuses environnantes des débris de coquilles analogues à celles qui vivent dans nos eaux douces.

Ces combustibles commencent à se montrer dans les couches terreuses et sableuses qui préludent à la craie, § 176, note. Mais c'est surtout au-dessus qu'ils deviennent abondants, et forment des dépôts considérables à divers étages de la série et dans toutes les contrées de la terre. Il en existe une grande quantité en France, et

Digitized by Google

qui sont exploités en divers lieux. Il s'en trouve quelques indices aux environs de Paris; mais des dépôts étendus se présentent en divers points du département de l'Aisne, à Voreppe dans l'Isère, à Saint-Paulet dans l'Ardèche, à Piolen en Vaucluse, à Gardanne et Roquevaire dans les Bouches-du-Rhône, à Sisteron et Forcalquier dans les Basses-Alpes, etc.

Ce combustible est encore très-précieux dans tous les points où il se trouve. Il donne plus de chaleur que le bois, et il peut être employé avec avantage pour chauffer et évaporer des liquides, pour la cuisson de la chaux et celle des poteries communes. Les variétés qui ne répandent pas de mauvaise odeur sont très-agréables pour le chauffage des appartements. On assure qu'il ne peut servir dans les fonderies, même en remplacement du bois.

Les variétés chargées de pyrite, comme celles du département de l'Aisne, sont employées pour la préparation de l'alun et du sulfate de fer; les résidus de ces fabrications, ou les lignites mêmes, ont été appliqués à l'agriculture, sous le nom de *cendres rouges* et de *cendres noires*, et ont produit des résultats très-avantageux dans les terres stériles de la Champagne et de la Thiérache.

Le *jayet*, dont on a fait pendant longtemps des bijoux de deuil, et divers objets de fantaisie, n'est que du lignite compacte. C'était surtout à Sainte-Colombe-sur-l'Hers, dans le département de l'Aude, qu'on le travaillait; il y occupait 1,000 à 1,200 ouvriers. L'emploi des bijoux d'acier bronzé a perdu cette industrie.

Bitumes. Matières résineuses.

§ 273. **Caractères des bitumes.** — On nomme *bitumes* des matières glutineuses, visqueuses, ou sèches et fragiles, ordinairement brunes ou noires, qui se fondent assez facilement, les unes à 100 degrés ou même au-dessous, les autres à une température plus élevée. On les désigne, d'après la consistance, sous les noms de *goudron minéral*, *poix minérale*, *pisasphalte* et *asphalte*, espèce la plus sèche.

L'asphalte pur est insoluble dans l'alcool; les autres bitumes sont partie solubles, partie insolubles. La plupart sont attaqués par l'éther ou par l'essence de térébenthine; ils laissent souvent alors pour résidu des matières charbonneuses, ou une autre matière bitumineuse inattaquable, dont le point de fusion est différent.

A la distillation, tous les bitumes nous donnent des huiles volatiles plus ou moins salies par des matières entraînées, et qu'on peut épurer par de nouvelles opérations. Elles deviennent alors plus ou moins limpides et ne présentent plus qu'un carbure d'hydrogène.

Digitized by Google

On trouve pour résidu tantôt un charbon brillant très-boursouflé, tantôt un bitume sec, oxygéné, analogue à l'asphalte.

Les bitumes paraissent donc être des mélanges en toutes proportions de carbure d'hydrogène huileux, plus ou moins abondant, avec des composés formés de carbone, hydrogène et oxygène, dont les uns sont analogues à l'asphalte, qu'on trouve quelquefois pur, et dont les autres ont quelques rapports avec le combustible charbonneux précédent. Quand ces derniers dominent, la matière bitumineuse se rapproche de la houille sèche et du lignite.

On commence à trouver des bitumes en globules dans les dépôts sédimentaires siluriens; mais il s'en présente ensuite dans tous les sédiments postérieurs, où ils deviennent de plus en plus abondants, et dans les dépôts qui recouvrent la craie, où ils se trouvent en très-grande quantité. Dans les parties les plus anciennes ils se présentent surtout en petits nids, ou en petits mamelons dans les filons métallifères qui traversent le terrain; plus haut ils imprègnent, en quantités plus ou moins considérables, soit les matières schisteuses du terrain houiller, soit divers dépôts analogues qui se trouvent au-dessus. Dans les formations jurassiques et crétacées, ils se trouvent mélangés avec des calcaires en couches plus ou moins puissantes; dans les dépôts postérieurs, ils imprègnent des matières arénacées. Souvent de l'intérieur de la terre il sort des sources de bitume, ou des eaux à la surface desquelles cette matière se rassemble; le lac Asphaltite est depuis longtemps connu par la quantité de bitume qu'on récolte à sa surface; il en est de même des étangs bitumifères de l'île de Zante décrits par les anciens.

La France possède un assez grand nombre de dépôts bitumineux; il s'en trouve dans les tufs basaltiques en Auvergne, dans les sables tertiaires à Gabian près de Pézenas, à Lobsann et Beschelbrunn dans le Bas-Rhin, dans les dépôts crétacés supérieurs à Orthez et Caupenne près de Dax, à Seyssel près de la perte du Rhône dans l'Isère, etc. Il s'en trouve de même une grande quantité en Suisse, dans différentes parties de l'Allemagne, de la Pologne, de la Russie, etc., et dans toutes les parties du monde.

Les différentes sortes de bitumes sont employées à divers usages. Ceux qui sont naturellement huileux, plus ou moins visqueux, comme à Beschelbrunn et dans un grand nombre de lieux de l'Allemagne, sont employés immédiatement pour graisser les voitures, pour enduire les cordages et tous les agrès de la marine, comme le goudron végétal artificiel. On mélange les bitumes avec des calcaires en poudre, avec des sables, des graviers, pour le dallage des trottoirs, des terrasses, pour des tuyaux de conduite, des réservoirs, etc.

Digitized by Google

On en imprègne des toiles pour faire des couvertures légères; on les fait entrer dans certains vernis dont on couvre le fer pour le préserver de la rouille; on s'en sert pour des peintures grossières qui sont très-solides, etc.

Les anciens Égyptiens se sont servis du bitume du lac Asphaltite pour embaumer les corps et en faire ce qu'on nomme des *momies*, expression qui rappelle le *moum* des Persans, espèce de naphte, § 278, très-odorant et fort renommé. C'est ce mot *momie* ou *moum* qui a valu au bitume le nom de *baume de momie*. On nomme aussi momie une couleur brune qu'on tire de cette substance.

§ 274. **Matières résineuses.** — Ce sont, comme l'asphalte pur, des matières formées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui sont fusibles, qui brûlent avec une odeur tantôt aromatique, tantôt fétide, et qui ont de l'analogie avec les résines ordinaires.

Le Succin, ou *ambre jaune*, est la plus remarquable et la plus répandue de ces matières. C'est une substance jaunâtre, rougeâtre ou brunâtre, tantôt transparente, tantôt opaque, qui renferme quelquefois des insectes, des débris de plantes, etc., comme les résines qui découlent encore de nos arbres conifères.

Plusieurs des variétés donnent à la distillation des aiguilles cristallines, qui sont de l'*acide succinique;* mais il en est d'autres qui n'en donnent pas. Il en est qui sont insolubles dans l'alcool; d'autres qui s'y dissolvent en partie. Toutes sont plus ou moins solubles dans l'éther ou dans l'essence de térébenthine.

On a nommé Rétinasphalte une matière analogue, attaquable en partie par l'alcool, et qui donne pour résidu une sorte d'asphalte. Il y a encore diverses autres matières résineuses généralement peu étudiées, qu'on range à la suite du succin.

Toutes ces matières appartiennent à des dépôts sédimentaires assez modernes; souvent elles se trouvent avec les lignites, ou dans les matières terreuses qui les renferment.

Le succin est employé comme objet d'ornement. A diverses époques on l'a taillé en perles à facettes, dont on faisait des colliers. Dans le Levant il est encore très-estimé; on en fait des chapelets pour les musulmans, des poignées de couteaux et de poignards, des embouchures de pipes, etc. Il sert à la préparation de l'acide succinique, et pour la confection de certains vernis gras, auxquels il donne beaucoup d'éclat et de solidité.

C'est surtout sur les bords de la Baltique qu'on recueille le succin; il est arraché, par les ruisseaux et par la mer même, aux terrains sableux qui s'étendent de Memel à Dantzig, et on le récolte sur la côte; on cherche aussi les dépôts de lignite qui le renferment.

Digitized by Google

Carbures d'hydrogène divers.

§ 275. Nous réunissons ici des corps qui ne renferment que du carbone et de l'hydrogène, et dont la composition est à peu près la même (86 carb., 14 hyd.), quoique les caractères physiques soient tout à fait différents.

§ 276. **Élasticité.** — Cette substance, nommée aussi *bitume élastique*, offre une grande analogie avec la gomme élastique ou caoutchouc, qui est composée de même. Elle renferme le plus souvent une huile qui la rend adhérente aux doigts, et qui s'en sépare à la température de l'eau bouillante, ou par l'action de l'alcool bouillant. Ce minéral a été observé d'abord dans les mines de plomb du Derbyshire, où il est accompagné de matières résineuses, quelquefois de bitume en globules, puis dans les dépôts charbonneux de Montrelais en Bretagne et dans diverses localités.

§ 277. **Ozocérite.** — Les matières grasses, plus ou moins fusibles, blanchâtres, jaunâtres ou brunes, qu'on a nommées *cire fossile*, *ozocérite*, *hatchétine*, *scheerérite*, ont toutes plus ou moins d'analogie avec la *parafine* qu'on obtient du goudron. Elles se trouvent à Slanick en Moldavie, Truskavictz en Gallicie, Zicnitzka en Moravie, Gresten, près de Gaming, en Autriche, Usnac en Suisse, etc., dans le voisinage des dépôts charbonneux, quelquefois dans le combustible même. On en a extrait en assez grande quantité dans quelques localités pour en faire des bougies.

§ 278. **Naphte et pétrole.** — Nous ne connaissons dans le règne minéral qu'un carbure liquide naturel, c'est le *naphte*, matière très-volatile, d'une odeur pénétrante particulière, qui par distillation peut être obtenue sous forme de liqueur jaunâtre transparente, où l'on trouve encore la composition précédente.

Dans la nature, le naphte est toujours souillé par des matières étrangères qui le colorent en brun plus ou moins foncé, et il porte alors le nom de *pétrole*. Il appartient encore à des dépôts de sédiment assez modernes, ou du moins il les traverse souvent pour arriver à la surface de la terre. En France, on n'en connaît qu'au village de Gabian près de l'ézenas; mais il se trouve en assez grande quantité dans le duché de Parme, et sur toute la pente des Apennins, dans le Modenais; il en existe une immense quantité sur les bords de la mer Caspienne, en Perse et en Chine.

Cette matière est utilisée pour l'éclairage dans les divers lieux où elle se trouve assez abondamment; c'est ainsi que le pétrole du village d'Ammiano est employé pour l'éclairage de la ville de Parme;

Digitized by Google

en Perse, le peuple ne se sert que de pétrole pour se procurer de la lumière, depuis Mossul jusqu'à Bagdad. On le regarde aussi dans toute cette contrée comme un spécifique puissant contre les douleurs rhumatismales. Quelques variétés pures, qu'on nomme *moum*, sont particulièrement recherchées comme un baume souverain pour les blessures les plus graves. Il est aussi employé comme vermifuge, et dans le midi de la France le *pétrole*, ou *huile de Gabian*, a sous ce rapport une grande renommée.

§ 279. **Grisou.** — Le gaz détonant des houillères est un carbure d'hydrogène gazeux qui se compose de 75 de carbone et de 25 d'hydrogène; mais il est souvent mélangé avec d'autres combinaisons des mêmes principes. Il brûle tranquillement, avec une flamme jaunâtre, tant qu'il n'est pas mêlé avec l'air atmosphérique; mais, dans le cas contraire, il détone avec violence. Il est moitié plus léger que l'air, et se tient dès lors à la partie supérieure des cavités souterraines. Les mineurs le désignent, en général, en France sous le nom de *grisou*, *brisou* ou *terrou*, et l'inflammation prend le nom de *feu grisou*.

Ce gaz est abondant à la surface de la terre. Dans certaines mines de houille, qui sont, en général, celles des meilleures qualités, il se dégage continuellement de la masse de combustible; il y a des couches dans lesquelles il existe en si grande quantité, qu'il suffit d'y percer un trou pour en provoquer un jet violent, continu, que dans quelques endroits les mineurs tiennent toujours allumé pour s'en débarrasser. Il se dégage en outre dans un grand nombre de lieux de l'intérieur de la terre, tantôt par les fissures de diverses couches solides, tantôt à travers les pores des matières sableuses, ou enfin à travers l'eau des marais qui recouvrent ces terrains. Quelquefois il se dégage seul, mais souvent il est mélangé de pétrole plus ou moins épais et de bitume. Ailleurs il sort avec une grande quantité d'argile délayée par l'eau, et souvent imprégnée de sel marin, ce qui a fait donner à ces sources le nom de *salzes*. Il y en a qui vomissent ou ont vomi une grande quantité de matières terreuses dont l'accumulation a formé des cônes, du sommet desquels il en sort encore assez communément. On a donné alors à ces phénomènes le nom de *volcans vaseux*, *volcans de boues*. Lorsque ces jets de gaz, de pétrole et de bitume, se trouvent accidentellement enflammés, ils continuent à brûler pendant plus ou moins de temps, jusqu'à ce que de grandes averses, de grands coups de vent, viennent les éteindre. Il en résulte ce qu'on nomme les *feux naturels*, les *fontaines ardentes*, etc. La chaleur est assez forte pour calciner le terrain, et former en diverses localités de grands espaces

Digitized by Google

arides, privés de toute végétation. Il y a de ces feux qui brûlent depuis les temps les plus anciens; tels sont ceux du mont Chimère, sur les côtes de l'Asie Mineure, cités par Pline et reconnus de nouveau, en 1811, par le capitaine Beaufort. Le plus souvent c'est par les fentes de la terre que le gaz et les flammes s'échappent; mais quelquefois il en sort par l'orifice des cavernes, comme auprès de Cumana, où M. de Humboldt a vu parfois les flammes s'élever à plus de 30 mètres.

Ces sources d'hydrogène carboné sont assez communes à la surface du globe; il en existe un grand nombre au pied des Apennins, dans le Parmesan, le Modenais, le Bolonais. C'est là que se trouvent les feux de Velleja, de Pietra Mala, de Barigazzo, etc., qui sont les plus connus, et un grand nombre de salzes plus ou moins puissantes. Il existe aussi des salzes considérables en Sicile, entre Aragona et Girgenti, où on les nomme *Maccalubes;* mais c'est surtout autour de la mer Caspienne, particulièrement près de Bakou, que les phénomènes se présentent en grand, et on les cite également sur une grande échelle dans l'Hindoustan : il suffit, dans ces localités, de percer un trou d'un mètre ou deux de profondeur pour se procurer des jets de gaz.

Les lieux de l'Asie où se dégagent ainsi des matières inflammables ou enflammées ont été en grande vénération parmi les adorateurs du feu, et le sont encore pour un petit nombre de *Parsis* ou *Guèbres*, dont quelques-uns se sont établis pour cela autour de Bakou, lieu saint, d'où ils expédient du gaz en bouteille à leurs coreligionnaires de la Perse et de l'Hindoustan. Généralement on utilise ces feux naturels pour la cuisson de la chaux, des briques, des poteries, pour l'évaporation des liquides. Dans quelques contrées le peuple les emploie pour faire cuire ses aliments, et souvent il provoque le dégagement du gaz, qu'il enflamme ensuite, par des trous plus ou moins profonds.

§ 280. **Lampes de sûreté.** — L'inflammation de l'hydrogène carboné mélangé d'air atmosphérique, dans l'intérieur des mines, produisant des explosions excessivement dangereuses pour les ouvriers, il est de la plus haute importance de se débarrasser de cette matière, ce à quoi on parvient en partie par un bon système d'aérage. Cependant il s'en accumule toujours dans certaines parties moins aérées que les autres, et il ne faut y pénétrer avec des lumières qu'en prenant les plus grandes précautions. Davy, célèbre chimiste anglais, est parvenu, après de savantes recherches, à construire une lampe capable de préserver de tout accident, et qu'on nomme *lampe de sûreté :* c'est une lampe à l'huile, dont la flamme

Digitized by Google

est entourée de tous côtés par une toile métallique. Davy a fait voir qu'en enflammant un mélange détonant enfermé dans une telle enveloppe, la flamme ne pouvait se communiquer au dehors; par conséquent un tel appareil peut être porté dans les mines les plus infectées de grisou sans craindre aucun accident.

Ce savant, à la suite de nouvelles recherches, a ajouté un perfectionnement important, en mettant une spirale de platine à 4 ou 5 centimètres au-dessus de la mèche. Ce métal, échauffé, a la propriété de devenir incandescent dans des mélanges détonants formés en certaines proportions; de sorte que, quand on arrive avec une telle lampe dans un endroit où le gaz est assez abondant pour l'éteindre, le fil devient tout à coup lumineux, et répand assez de lumière pour permettre à l'ouvrier de se retirer. Il y a plus : lorsque le mineur est revenu dans une partie où le gaz et l'air atmosphérique se trouvent en proportions convenables, le fil incandescent détermine une inflammation dans l'intérieur de la lampe, et le gaz enflammé rallume la mèche.

Bois altéré et tourbe.

§ 281. **Bois altéré.** — Outre le lignite proprement dit, où l'on observe des caractères qui se rapprochent de ceux de la houille, on trouve fréquemment des bois qui conservent tout le tissu ligneux, qui s'allument et brûlent comme les bois ordinaires, avec dégagement d'une fumée piquante qui fatigue les yeux, ayant quelquefois une odeur bitumineuse ou une odeur fétide, plus rarement une odeur balsamique.

Ces bois se trouvent quelquefois dans le même gisement que le lignite; mais le plus souvent ils forment des dépôts particuliers dans les terrains les plus modernes, et constituent ce qu'on a appelé des *forêts sous-marines;* on les a quelquefois employés pour la charpente comme le bois ordinaire, ou bien comme combustible.

La *terre de Cologne* est une autre altération des bois enfouis dans le sein de la terre; elle est à l'état terreux et se réduit facilement en poudre par le desséchement; elle brûle sans flamme, comme le bois pourri, et sans fumée. C'est encore une matière importante comme combustible dans les environs de Cologne, où elle forme des dépôts considérables de 12 à 15 mètres d'épaisseur, étendus sur plusieurs lieues, et dans lesquels on reconnaît des conifères et des palmiers qu'on observe encore debout comme sur la place même où ils ont vécu. On l'exploite activement et on la moule après l'avoir humectée, pour la transporter plus facilement. Il s'en fait une grande

Digitized by Google

consommation dans le pays. Les cendres qui en proviennent sont recherchées pour l'agriculture; on les transporte jusqu'en Hollande, et sur les exploitations on brûle même le combustible tout exprès pour cet objet.

§ 282. **Tourbe.** — On nomme *tourbe* une matière brune, plus ou moins foncée, qui se forme sous les eaux par l'accumulation et l'altération de diverses plantes. Elle est homogène et compacte dans les parties inférieures du dépôt, grossière et remplie de débris visibles d'herbes diverses dans les parties supérieures. Elle brûle facilement, avec ou sans flamme, en donnant une odeur particulière. A la distillation, il s'en dégage de l'eau chargée d'acide acétique, une matière huileuse et des gaz.

La tourbe est formée par l'accumulation des plantes aquatiques, et particulièrement par les sphaignes et les conferves, qui sont toujours submergées : il s'en fait encore journellement dans nos marais. Cette matière couvre quelquefois des espaces immenses dans les parties basses de nos continents, remplissant les bas-fonds des larges vallées dont la pente peu considérable empêche l'écoulement des eaux. Souvent ces dépôts sont encore couverts d'eau; mais dans divers lieux ils sont à sec, et il s'est formé au-dessus d'eux des couches de sable et de limon qui ont suffi pour donner naissance à de belles prairies.

Les plus grandes tourbières de France sont celles de la vallée de la Somme, entre Amiens et Abbeville. Il y en a aussi de considérables dans les environs de Beauvais, dans la vallée de l'Ourcq, dans les environs de Dieuze. Il y en a en exploitation dans la vallée d'Essonne, près de Paris. La plupart des belles prairies de la Normandie sont sur la tourbe. La Hollande, qui n'a pas d'autre combustible, en renferme une grande quantité, ainsi que la Westphalie, le Hanovre, la Prusse et la Silésie.

La tourbe est encore un combustible précieux dans toutes les contrées où elle se trouve, et elle y est exploitée avec activité; il s'en extrait pour plus de 3 millions en France. On l'emploie à tous les usages auxquels le bois lui-même pourrait servir. On la carbonise aussi dans des fourneaux construits à cet effet, et elle produit un charbon plus durable que le charbon de bois, qui sert souvent avec avantage à tous les usages auxquels celui-ci peut être employé.

Acide carbonique.

§ 283. Corps gazeux, incolore, inodore, non inflammable, soluble dans l'eau, à laquelle il communique une saveur aigrelette, la

Digitized by Google

propriété de mousser, celle de précipiter par l'eau de chaux, comme aussi de redissoudre le carbonate de cette base, etc.

Ce gaz se trouve à l'état libre au fond des puits, dans les mines abandonnées, dans l'intérieur de quelques cavernes naturelles, tels que les *Estouffis* des environs de Clermont en Auvergne, la grotte d'Aubenas dans l'Ardèche, la moufette de Pérault près de Montpellier, la grotte du Chien près de Naples, plusieurs des *mofette* de la Campanie, les cavernes de Bolsena dans les États romains, l'antre de Typhon en Cilicie, etc. C'est du sol de ces cavernes que le gaz s'échappe ordinairement, et il suffit d'y remuer la terre pour qu'il s'en dégage souvent en quantité prodigieuse : c'est ce qui arrive fréquemment autour de Clermont en Auvergne, lorsqu'on creuse dans les masses de pouzzolanes que les anciens volcans y ont accumulées. Il s'en dégage souvent en quantité immense des cratères volcaniques éteints, comme au volcan de Pasto dans la contrée de Quito, ou des anciennes solfatares, comme à Java, dans la vallée du Poison ou *Guevo-Upas*, où tout être vivant est immédiatement asphyxié.

Le gaz acide carbonique est fréquemment dissous dans les eaux, et en quantité beaucoup plus grande que ne le comporte la pression ordinaire de l'atmosphère. Il en résulte des *eaux minérales gazeuses* qu'on trouve dans un grand nombre de lieux, et particulièrement dans le pays de Nassau, où elles sont très-abondantes et remarquables par leur pureté. Elles sont connues sous le nom d'*eau de Seltz*, de celui d'une petite ville sur le Rhin qui en est l'entrepôt. Non-seulement il y a des eaux froides chargées de cet acide, mais encore beaucoup d'eaux chaudes; telles sont celles de Vichy et du Mont-Dore en Auvergne, de Vals dans l'Ardèche, qui ont jusqu'à 55^d; de Wiesbaden, près de Mayence, qui vont à 68^d, etc.

§ 284. **Sels organiques.** — Parmi les sels organiques, le *guano* est la seule matière qui ait quelque importance; elle est le résultat de l'accumulation de la fiente d'une multitude innombrable d'oiseaux qui fréquentent les îles qu'on trouve sur les côtes du Pérou. Elle y forme des dépôts qui ont jusqu'à 50 et 60 pieds d'épaisseur sur une étendue très-considérable : on assure qu'on en a trouvé également dans les îles de l'Amérique du Nord.

Le guano est exploité comme un engrais précieux, et c'est à cette matière que les côtés stériles du Pérou doivent la fertilité qu'on leur procure par le travail. On en a transporté jusqu'en France dans ces derniers temps, où malheureusement on l'a souvent falsifié par des mélanges de diverses matières étrangères.

Digitized by Google

Carbonates.

§ 285. **Caractères généraux.** — Les carbonates sont faciles à reconnaître en ce qu'ils font toujours effervescence avec l'acide azotique, soit à froid soit à chaud.

A l'exception de trois espèces, tous ces corps sont des bicarbonates, où l'acide renferme deux fois l'oxygène de la base; les uns sont simples, les autres composés de diverses manières; il en est qui sont anhydres, d'autres hydratés, ou hydratifères.

Les carbonates anhydres, tous de même formule, se partagent en deux groupes à chacun desquels se rattachent des carbonates doubles ou sulfatifères. Les uns appartiennent au système rhomboédrique, les autres au système prismatique droit rectangulaire; mais à la tête de chacune de ces divisions se trouve le carbonate de chaux, qui présente les deux formes, et semble indiquer qu'il y a là un exemple en grand de dimorphisme.

Les *carbonates rhomboédriques* cristallisés ont entre eux les plus grands rapports par tous les caractères extérieurs; et tellement, que pendant longtemps la plupart ont été confondus en une seule espèce. L'analogie se soutient jusque dans les variétés de structures; en sorte que les carbonates de chaux, de fer, de manganèse, etc., qui n'ont point été altérés, ne peuvent en aucune manière se distinguer à l'œil. Tous ces carbonates sont susceptibles de clivages, et donnent pour résultats des rhomboèdres fort rapprochés les uns des autres; savoir :

Diallogite. Rhomboèdre de.	105°	et 77°?
Calcaire.	105° 5'	et 74° 55'
Dolomie *	106° 15'	et 73° 45'
Sidérose.	107°	et 73°
Giobertite..	107° 25'	et 72° 35'
Smithsonite..	107° 40'	et 72° 27'.

Les *carbonates prismatiques* présentent des circonstances analogues. Aucun de ceux que nous connaissons n'est susceptible de clivage; mais, dans toute leur manière d'être, ils ont la plus grande analogie, soit sous le rapport des groupements, § 51, soit sous le

* L'angle de la dolomie est précisément la moyenne entre l'angle de 105° 5' du carbonate de chaux et 107° 25' du carbonate de magnésie; or la dolomie est formée de 1 atome de l'un et 1 atome de l'autre. Cette moyenne, proportionnelle aux nombres atomiques, se soutient dans toutes les réunions cristallines de plusieurs corps que j'ai pu examiner.

Digitized by Google

rapport des cristaux, qui peuvent tous être rapportés à des prismes rhomboïdaux très-rapprochés, savoir :

Aragonite. Prisme rhomboïdal de.	116° 5' et 63° 55'
Céruse.	117° et 63°
Strontianite.	117° 32' et 62° 28'
Withérite.	118° 57' et 61° 3'.

De tous les carbonates, il n'y en a qu'un petit nombre qui puissent nous intéresser spécialement : ce sont, d'un côté, ceux qui sont abondants à la surface du globe; de l'autre, ceux qui sont importants comme minerais métalliques ou comme matières éminemment utiles dans certaines industries. Tous les autres sont des substances accidentelles des gîtes métallifères dont il suffit en quelque sorte de connaître l'existence.

Calcaire. — *Chaux carbonatée, spath d'Islande.*

§ 286. **Caractères.** — Corps donnant de la chaux vive par calcination, sans gonflement ni décrépitation; soluble avec une vive effervescence dans l'acide azotique; solution précipitant abondamment par l'oxalate d'ammoniaque, peu ou point par les autres réactifs. Poids spécifique, 2,72. Réfraction double, à un seul axe répulsif. Dureté peu considérable, la matière se rayant très-facilement par une pointe d'acier.

Cette substance est une des plus remarquables sous le rapport de la cristallisation. Elle réalise à elle seule tout ce que peut offrir le système rhomboédrique, § 25 à 27, 41 : des rhomboèdres de toute espèce, depuis les plus obtus jusqu'aux plus aigus; des scalénoèdres de tous les genres de dérivation, obtus ou aigus; des dodécaèdres à triangles isocèles, et des prismes à bases d'hexagones réguliers. Tous ces genres de formes sont modifiés de toutes les manières, et réunis les uns avec les autres sous toutes les combinaisons imaginables. Il s'y trouve aussi des groupes de toute espèce de cristaux deux à deux, § 54, de rhomboèdres, de dodécaèdres et de leurs combinaisons.

Le carbonate de chaux ne présente pas des formes accidentelles moins variées que les formes régulières. Tous les genres d'oblitération des cristaux, tous les groupements irréguliers, les stalactites et stalagmites, ou les configurations panniformes, les concrétions pisiformes, les rognons, les incrustations sur des plantes, sur toute espèce de corps, ou dans les aqueducs; les pseudomorphoses de bois, de coquilles et de madrépores; les polyèdres par retrait; toutes

Digitized by Google

les formes accidentelles enfin, se trouvent dans cette substance, qui à elle seule offre en quelque sorte tous les exemples de modification de la matière par les circonstances extérieures : § 60 à 71.

Sa structure est également très-variée, et l'on trouve le calcaire en masses laminaires susceptibles de se cliver en plaques plus ou moins épaisses; en masses lamellaires, à grandes ou à petites lames, bacillaires, fibreuses, compactes ou terreuses. Les variétés en grands dépôts renferment souvent des matières étrangères, tantôt plus ou moins cristallines, tantôt terreuses, disséminées par paquets, ou répandues uniformément dans toute la masse, et lui donnant des couleurs de toute espèce. Les variétés mélangées d'argile se nomment *marnes*, et on les distingue en *marne calcaire*, où le mélange est peu considérable, et en *marne argileuse*, où au contraire la matière étrangère est en grande quantité.

§ 287. **Gisement.** — Le calcaire est la matière la plus répandue à la surface du globe, et celle qui constitue la plus grande partie de nos continents. Appartenant essentiellement aux formations sédimentaires, il se trouve en dépôts immenses à tous les étages de la série, depuis les dépôts siluriens jusqu'aux formations les plus récentes, § 176, note. Tantôt il compose des couches plus ou moins puissantes qui alternent avec des dépôts divers, arénacés ou argileux, tantôt il forme des montagnes et même des chaînes entières. Quelques-uns de ces grands dépôts se distinguent par le mode d'agrégation de leurs particules, les uns ayant une structure compacte, les autres étant terreux et plus ou moins grossiers. Tous sont remplis de débris organiques dont la nature varie considérablement des plus anciens aux plus modernes, et qui fournissent des caractères importants pour les distinguer les uns des autres, même dans les collections. (Voy. la *Géologie*.)

Dans les formations inférieures on trouve, en général, des calcaires compactes, le plus souvent de couleur sombre; plus haut, les teintes deviennent plus claires, et le plus souvent la texture est moins serrée, l'aspect généralement plus grossier. Dans les formations jurassiques, les parties compactes alternent avec des dépôts oolitiques. Dans la formation de la craie, les matières, ordinairement terreuses, présentent plusieurs divisions qu'on distingne en *craie blanche*, qui est la plus pure; en *craie tuffeau*, qui offre quelquefois assez de solidité pour servir de pierre à bâtir; et en *craie chloritée*, remarquable par la quantité de petits grains verts qui s'y trouvent mélangés. Au-dessus, les dépôts plus ou moins consistants deviennent tout à fait grossiers, à texture lâche, et souvent mêlés de sable dans la plus grande partie de leur étendue.

Digitized by Google

Les débris organiques, dont le plus grand nombre ont appartenu aux mollusques, présentent le plus souvent des formes complétement étrangères à celles des êtres qui vivent aujourd'hui. Ce n'est qu'après la craie qu'ils se rapprochent de ceux de notre époque, avec lesquels ils deviennent même tout à fait identiques dans les couches les plus modernes. Les genres ou les espèces varient le plus souvent d'un dépôt à l'autre; c'est-à-dire que ceux d'une certaine époque disparaissent à la suivante, et font place à d'autres qui se perdent à leur tour. La plupart sont des débris marins, souvent accumulés par milliers, et composant à eux seuls des dépôts immenses; mais il y en a beaucoup aussi des eaux douces ordinairement disséminés dans une pâte calcaire, compacte ou terreuse. Ceux-ci se montrent déjà dans les terrains houillers, mais ils ne deviennent abondants qu'après la formation jurassique, et surtout après la craie, dans les terrains tertiaires.

Un fait important à remarquer, c'est que, quand les divers dépôts calcaires dont nous venons de donner une idée générale se trouvent rapprochés des produits de cristallisation, et surtout entremêlés avec eux, ils prennent des caractères entièrement différents de ceux qu'ils offrent partout ailleurs. Les débris organiques se trouvent souvent alors entièrement détruits; l'état compacte ou même terreux fait place à divers états plus ou moins cristallins, lamellaires ou saccharoïdes, en même temps que les argiles et les grès qui séparent ailleurs les diverses couches deviennent des schistes argileux, des micaschistes, des quartz schisteux, etc. Les teintes sombres ou pâles sont remplacées par des teintes vives, tantôt uniformes, tantôt entremêlées. Des matières nouvelles s'introduisent dans la masse par veines, par paquets ou disséminées, etc., toutes circonstances du plus haut intérêt pour la géologie, et sur lesquelles nous devrons revenir plus tard.

Tufs calcaires. — Indépendamment des dépôts continus qui, se succédant d'âge en âge, ont formé la série sédimentaire, le calcaire se trouve çà et là en dépôts adventifs produits par des sources, et dont quelques-uns s'accroissent encore de nos jours. Ce sont les *tufs calcaires*, qu'on trouve en un grand nombre de lieux différents, et qui ont formé quelquefois des dépôts immenses. Ils renferment presque toujours des débris organiques, particulièrement des végétaux qui vivent dans les environs, et quelquefois des coquilles fluviatiles et terrestres.

C'est dans des eaux calcarifères que se forment les pisolites, § 64, et par les infiltrations que sont produites les stalactites qui encombrent souvent les cavités souterraines des pays calcaires,

Digitized by Google

dont quelques-unes ont une grande célébrité; telles sont la grotte d'Antiparos dans l'archipel Grec, la grotte d'Auxelle en Franche-Comté, celle de Pool's Hole en Derbyshire, etc.

§ 288. **Situation géographique.** — Toutes les contrées de la terre offrent des dépôts plus ou moins considérables des diverses sortes de calcaires. La plus grande partie du sol de la France en est formée. Les dépôts tertiaires, comprenant des calcaires grossiers marins et des calcaires fluviatiles, couvrent ce que l'on appelait l'Ile-de-France et l'Orléanais, ainsi que la Touraine, la Guienne et la Gascogne, jusqu'au pied des Pyrénées. Beaucoup de calcaires fluviatiles se retrouvent en outre, par lambeaux, dans l'Auvergne, dans le Cantal, dans le Languedoc et la Provence.

La craie qui entoure le grand dépôt parisien se prolonge dans la Champagne, la Picardie, l'Artois; constitue toutes les falaises depuis Calais jusqu'à Honfleur, et se retrouve également sur les côtes d'Angleterre. Elle se continue dans le Maine, la Touraine, une partie du Berri, du Poitou; se retrouve dans l'Angoumois, la Saintonge et la partie méridionale du Périgord, et en Provence.

Les autres calcaires, et plus particulièrement ceux de la formation jurassique, qui couvrent la Franche-Comté et la Bourgogne, constituent la plus grande partie du reste de la France, où ils sont limités par les terrains cristallins des Ardennes, des Vosges, des Alpes, du Dauphiné, des Pyrénées, de la Bretagne; ils entourent de tous côtés le groupe cristallin qui constitue le Limousin, l'Auvergne, le Lyonnais et une partie du Languedoc.

C'est dans le Dauphiné et tout autour des Alpes, ainsi que dans les Pyrénées, que se trouvent surtout les dépôts modifiés plus ou moins profondément par la présence des terrains cristallins.

§ 289. **Usages.** *Pierre à bâtir.* — Le calcaire est une matière d'un usage journalier. D'abord, comme pierre à bâtir, il présente le grand avantage de se laisser tailler facilement et de conserver néanmoins les arêtes, les moulures et les ornements les plus délicats. Cependant il y a beaucoup de choix à faire : la craie est le plus souvent trop tendre; les variétés lamellaires, simples ou micacées, résistent peu à la charge; beaucoup de calcaires compactes sont secs, suivant le terme reçu, et d'ailleurs sont fréquemment remplis de fissures qui leur ôtent beaucoup de solidité. Les variétés qui conviennent le mieux sont celles qui sont compactes, à cassure inégale, plate ou irrégulière, qui sont mates et souvent ont quelque chose de terreux. On en trouve d'excellentes sous ce rapport dans les formations analogues à celles de Paris et dans les dépôts jurassiques : ce sont ces formations qui ont fourni des matériaux

Digitized by Google

à la plupart des monuments du monde civilisé. On emploie quelquefois aussi les tufs calcaires, et à cet égard on peut citer surtout ceux des États romains, connus sous le nom de *travertins*, employés dans une grande partie de l'Italie, et dont, en cette contrée, tous les monuments antiques, aussi bien que la plupart des monuments modernes, se trouvent formés.

Pierres gélives. — Il y a des pierres qui ne peuvent rester exposées aux intempéries de l'air sans se désagréger plus ou moins promptement et tomber en fragments ou en poussière : ce sont surtout les variétés susceptibles de s'imbiber lentement d'eau que les gelées viennent surprendre avant qu'elle ait pu s'évaporer, et qui, augmentant alors de volume en se consolidant, fait éclater la masse. Ces variétés se nomment *pierres gélives*, et l'on conçoit qu'il faut en éviter soigneusement l'emploi.

On a proposé, pour connaître d'avance si une pierre est gélive ou non, d'en plonger un morceau dans une solution saline et de le retirer après l'imbibition. Le sel, en cristallisant dans l'intérieur et augmentant alors de volume, produit l'effet de la congélation de l'eau; et, si la pierre résiste à l'épreuve, on doit être certain qu'elle résistera de même aux intempéries de l'air. Cet essai, décisif pour faire un excellent choix, a cependant l'inconvénient de faire rejeter quelquefois de très-bons matériaux, parce qu'il n'y a pas parité entre une solution saline, qui laisse nécessairement un corps dans la pierre, et l'eau pure, qui s'évapore sans rien laisser derrière elle. Certaines pierres poreuses ne résistent pas à l'épreuve que nous venons d'indiquer, et cependant ne se désagrégent jamais à l'air, parce que l'eau dont elles se sont imbibées se dégage aussi rapidement qu'elle peut pénétrer.

Chaux et mortiers. — La calcination du calcaire produit la *chaux*, matière très-importante pour la préparation des *mortiers*. Mais il faut encore distinguer avec soin les variétés sous ce rapport : les calcaires les plus purs produisent ce qu'on appelle la *chaux grasse*, qui prend beaucoup d'eau à l'extinction, supporte une grande quantité de sable, et fournit par suite beaucoup de mortier; mais cette chaux est très-lente à durcir à l'air, n'y prend jamais même une grande consistance, et ne durcit pas dans les lieux humides. Les calcaires mélangés de silicates alumineux, et principalement de silicates hydratés, produisent au contraire la *chaux maigre* ou la *chaux hydraulique*. Moins productive que la chaux grasse, en ce qu'elle absorbe beaucoup moins d'eau et supporte peu de sable, elle a l'avantage immense de durcir promptement à l'air et dans les endroits humides, et doit être employée lorsqu'on tient à la solidité

Digitized by Google

plutôt qu'à l'économie. La chaux hydraulique durcit même sous l'eau, circonstance qui la rend indispensable pour toutes les constructions hydrauliques, où les mortiers de chaux grasse se délayeraient complétement.

On ne trouve pas partout des calcaires capables de produire de la chaux maigre ou de la chaux hydraulique; mais on parvient à en faire artificiellement lorsqu'on peut se procurer de la craie ou des marnes calcaires susceptibles de se délayer à l'eau. On les réduit en bouillie épaisse, qu'on mélange avec des matières argileuses délayées ou des scories volcaniques, des scories de forges, des briques ou des poteries réduites en poudre fine; on fait alors des pains qu'on laisse sécher, et qu'on cuit ensuite comme le calcaire lui-même. Lorsqu'on n'a pas de calcaire délayable, on peut employer la chaux ordinaire de la localité, qu'on laisse éteindre à l'air : on en mêle ensuite la poussière avec des silicates argileux délayés ou broyés; on fait une pâte du tout avec un peu d'eau, et on forme comme précédemment des pains qu'on laisse sécher pour les recuire de nouveau. Ce procédé a l'inconvénient de la cherté, à cause de la double cuisson.

§ 290. **Marbres.** — On nomme *marbres* les variétés de calcaire à grains fins susceptibles de poli, et qui, par leur blancheur ou par leurs couleurs plus ou moins vives, peuvent être employées à la décoration des édifices ou dans l'ameublement*. Il en existe en quelque sorte partout, et principalement depuis les dépôts jurassiques jusqu'aux calcaires siluriens; c'est dans les parties de ces dépôts qui avoisinent les terrains de cristallisation que se trouvent en général les variétés les plus riches en couleurs et les plus agréablement nuancées de veines.

On distingue de nombreuses variétés de marbres, à chacune desquelles on donne un nom particulier; et il suffit souvent aux marbriers du moindre accident pour imposer un nom à quelques plaques débitées dans le même bloc que beaucoup d'autres. Les plus beaux marbres se nomment *marbres antiques*, expression qui, dans le principe, indiquait des matières dont les carrières étaient perdues, et qu'on tirait des anciens monuments, mais qui, dans l'état actuel, s'applique aux variétés choisies parmi celles qu'on exploite journellement. Cet amour d'antiquité a fait souvent ramener à grands frais d'Italie des marbres que les Romains y avaient transportés de France, et dont les carrières sont encore connues.

* Les *marbres durs* sont des granits ou des porphyres.

Digitized by Google

Parmi les nombreuses variétés de marbre qu'on a établies, il faut principalement distinguer les suivantes :

1° Les *marbres simples*, qui, pour être estimés, doivent être exactement unicolores et de couleurs nettement décidées. Ce sont les *marbres blancs* statuaires qui nous viennent aujourd'hui de Carrare, sur la côte de Gênes; les *marbres noirs* de Dinan, de Namur, etc.; les *marbres rouges*, parmi lesquels on distingue surtout la *griotte d'Italie*, qu'on exploite encore près de Narbonne en Languedoc; les *marbres jaunes*, qu'on nomme jaune antique ou jaune de Sienne, etc.

2° Les *marbres simples veinés*, dont il existe beaucoup de variétés de tous les fonds de couleur. Les dépôts calcaires de la Flandre sont depuis longtemps en possession de nous en fournir un grand nombre qu'on nomme *marbres de Flandre* et qu'on emploie très-fréquemment à Paris. Un des plus communs est le *Sainte-Anne*, à fond gris et veines blanches; mais il en existe de beaucoup plus agréables à fond brun et rouge, à fond bleuâtre, etc. Parmi les belles variétés qui proviennent de différents lieux, on distingue le *grand antique* à fond noir et veines blanches nettement tranchées; le *portor*, à fond noir et veines jaunes; le *bleu turquin* à fond bleuâtre et veines plus foncées, dont le plus beau provient de Carrare; le *languedoc*, qui vient de Narbonne, à fond rouge et grandes veines blanches ondulées, qu'on emploie surtout pour les décorations monumentales, etc.

3° Les *marbres-brèches*, qui ne sont souvent que des variétés de marbres veinés, dans lesquelles les veines coupent la masse de manière qu'elle semble composée de fragments réunis. Les plus renommés sont : le *grand deuil* et le *petit deuil*, qui offrent des éclats blancs sur un fond noir, et qu'on tire de l'Ariége, de l'Aude et des Basses-Pyrénées; la *brèche d'Aix*, ou *brèche de Tolonet*, à grands fragments jaunes et violets réunis par des veines noires, qu'on exploite à Aix en Provence; la *brèche violette*, à fond violet avec de grands éclats blancs, un des marbres les plus riches, qui provient de la côte de Gênes, mais dont les carrières sont depuis longtemps épuisées.

4° Les *marbres composés*, qui proviennent généralement des lieux où les dépôts de sédiment sont enclavés dans les terrains de cristallisation; ils renferment des matières étrangères distribuées par feuillets, par paquets, ou disséminées. On distingue principalement les *marbres cypolin* de la côte de Gênes, qui renferment du mica verdâtre disséminé dans une pâte blanchâtre et saccharoïde; les *marbres campan*, dans les Pyrénées, qui renferment des feuillets

Digitized by Google

ondulés de matières analogues de diverses couleurs dans des pâtes de calcaire compacte de diverses teintes. Enfin, les diverses variétés de *vert antique*, qui sont des marbres saccharoïdes, blancs ou verdâtres, mélangés de diallage et de serpentine (voyez les Silicates) de couleur verte. Certaines variétés offrent des marbres de la plus grande beauté pour la décoration des édifices, et qui proviennent en général de la côte de Gênes.

5° Les *marbres lumachelles*, qui renferment des coquilles, des madrépores, etc. On distingue surtout des variétés à fond noir sur lequel se dessinent des taches de calcaire blanc, dont chacune est une coquille; on en tire de la Flandre et des environs de Narbonne. Le *petit granit*, ou marbre des Écaussines, près de Mons, qui couvre la plupart de nos meubles, et qui est rempli d'encrinites, en est un exemple commun.

Albâtres. — Nous avons déjà parlé, § 231, des albâtres calcaires. Ils proviennent des dépôts de stalactites et de stalagmites qui remplissent les cavernes des pays calcaires. On recherche surtout ceux qui sont d'un blanc légèrement jaunâtre, d'une belle demi-transparence, avec des veines d'un blanc laiteux : c'est là l'albâtre oriental ou albâtre antique. Viennent ensuite les variétés jaunâtres, présentant des zones de diverses teintes qui ne tranchent pas trop sur la masse : c'est ce qu'on nomme *albâtre veiné, marbre onyx, marbre agate*, employés pour des revêtements de chapelle, des objets de grand luxe monumental.

§ 291. **Pierres lithographiques; marnes.** — Parlons d'applications plus humbles. La pierre lithographique est un calcaire compacte à grain fin et serré, capable de se laisser imbiber légèrement d'eau, et qui est fourni principalement par les dépôts jurassiques. Les pierres les plus renommées sont celles de Pappeinheim, sur les bords du Danube, en Bavière; mais on en tire aussi de France, particulièrement de Châtauroux (Indre), de Belley (Ain), de Dijon, de Périgueux, etc.

Dans l'agriculture, les marnes, qui ont la propriété de se diviser facilement à l'air et de tomber en poussière, nous offrent des amendements extrêmement précieux, qu'il faut choisir suivant la nature du terrain : les marnes calcaires pour les terrains naturellement trop forts, et les marnes argileuses pour les terrains trop meubles. Il y a des marnes dans toutes les formations, mais particulièrement depuis les dépôts tertiaires jusqu'au calcaire conchylien; au dessous, ce sont plutôt des argiles que des marnes

Digitized by Google

Aragonite.

§ 292. L'aragonite est chimiquement le même carbonate de chaux que celui dont nous venons de parler, mais cristallisé dans le système prismatique rectangulaire non susceptible de clivages. Cette matière est alors à cassure vitreuse très-brillante; sa dureté est assez grande pour rayer fortement le calcaire. Au feu, l'aragonite cristallisée se délite et tombe en poussière; mais cette propriété diminue dans les variétés à fibres fines agglomérées, et disparaît complétement à mesure que les traces de cristallisation s'effacent : on retombe alors sur le calcaire ordinaire.

L'aragonite, qu'on trouve assez souvent en cristaux réguliers prismatiques à bases rhombes diversement modifiées, se présente plus fréquemment encore en cristaux groupés, comme ceux que nous avons indiqués fig. 253 à 262. C'est cette substance que l'on trouve le plus souvent sous la forme corralloïde, fig. 322; on la rencontre aussi en petites masses bacillaires, fibreuses, qui offrent des passages à l'état compacte et même terreux, où dès lors ce n'est plus que du carbonate de chaux ordinaire.

Cette substance se trouve principalement dans les gîtes de minerais de fer, dans les fentes des dépôts basaltiques et des roches serpentineuses, et en cristaux groupés dans les argiles gypseuses des dépôts salifères. Certains tufs calcaires, ceux de Vichy, par exemple, sont entièrement à l'état d'aragonite.

Dolomie.

§ 293. La dolomie a les plus grandes analogies avec le calcaire : seulement le rhomboèdre de clivage est plus obtus, § 285. Le caractère distinctif le plus apparent est la lenteur de l'effervescence avec l'acide azotique, ce qu'elle a de commun avec la giobertite et la sidérose. La solution précipite d'abord abondamment à chaud par l'oxalate d'ammoniaque, puis elle se trouble de nouveau en refroidissant, et produit encore un précipité abondant. Le poids spécifique est 2,86 dans les variétés les plus pures.

Cette substance se trouve assez fréquemment en cristaux rhomboèdres semblables à celui du clivage, qui sont toujours assez simples; on ne la connaît pas sous d'autres formes, si ce n'est à l'état de légers dépôts cristallins sur des cristaux de calcaire. Les formes accidentelles, à l'exception des variétés mamelonnées ou globulaires, manquent également, et c'est en masses finement granulaires

Digitized by Google

ou saccharoïdes, quelquefois compactes, qu'on la connaît principalement.

A l'état cristallin, la dolomie se trouve dans les gîtes métallifères, et c'est du Mexique que proviennent les plus belles variétés. En masses, sans offrir nulle part des dépôts très-étendus, elle se présente à peu près à tous les étages de formation. En Angleterre elle remplace entièrement le terrain pénéen, § 176, note, dont elle n'est qu'une légère partie accidentelle dans la Thuringe. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que le plus souvent elle présente des phénomènes de position où l'on reconnaît qu'elle doit son origine au métamorphisme des dépôts calcaires. Au Saint-Gothard elle forme des dépôts intercalés dans les micaschistes, § 172, note. Dans les Pyrénées elle se présente en amas adventifs, irréguliers et tuberculeux, au milieu des calcaires subordonnés au schiste argileux. En Tyrol on la voit partout au contact des porphyres pyroxéniques, et à distance elle fait corps avec les calcaires ordinaires. Dans l'Aveyron, au plateau de Larzac, entouré et percé de basaltes, elle se montre en abondance, tandis que partout ailleurs dans les Cévennes on ne voit que les calcaires compactes du Jura.

Les diverses variétés sont à peu près sans emploi; on redoute même dans l'agriculture la chaux qui en provient, et ce n'est que depuis quelques années qu'on a reconnu que certaines variétés, mêlées de silicates, pouvaient donner des chaux hydrauliques, qui cependant n'ont pas la force qu'on a voulu leur attribuer.

Sidérose. — *Fer carbonaté, fer spathique, mine d'acier.*

§ 294. **Caractères.** — La sidérose, dont le poids spécifique va jusqu'à 3,81, présente encore peu de formes cristallines; on ne la connaît qu'en rhomboèdres semblables à celui que produit le clivage, en petits rhomboèdres aigus, en prismes hexagones, et fréquemment sous la forme lenticulaire. Elle se trouve souvent en rognons, en petits dépôts mamelonnés dans les cavités des roches basaltiques, et aussi sous la forme de tiges de plantes, ou avec des impressions de fougères, dans les grès houillers. Elle se présente aussi en masses lamellaires, à grandes ou à petites lames, quelquefois granulaire ou oolitique, et alors assez semblable à la limonite en grains, § 177; ou bien en masse compacte, ou même terreuse, et alors plus ou moins mélangée de matières étrangères.

La calcination donne une matière noire ou rouge, fusible en globule noir attirable à l'aimant. La solution se fait lentement à froid, et donne un précipité abondant par le ferro-cyanure.

Digitized by Google

§ 295. **Gisement; usage.** — A l'état de cristaux, la sidérose se présente dans différents gîtes métallifères. Les variétés lamellaires en masses, qu'on nomme plus particulièrement *fer spathique*, se trouvent en filons et en amas dans les terrains de cristallisation, ou dans les calcaires de différents âges qui les recouvrent immédiatement; les variétés réniformes, compactes, terreuses, plus ou moins salies par des matières étrangères, appartiennent au terrain houiller et y forment souvent des dépôts assez considérables, soit dans les grès, soit au milieu des couches de houille. Les variétés oolitiques appartiennent aux formations jurassiques.

Cette matière offre encore des minerais de fer importants, et assez communs dans diverses contrées. En France on exploite les minerais spathiques à Allevard en Dauphiné, à Baigorry, Vicdessos, etc., dans les Pyrénées; ils sont généralement traités par une méthode particulière, qu'on nomme *méthode catalane*, par laquelle on obtient immédiatement du fer sans passer par l'état de fonte. On remarque que les minerais qui renferment de la magnésie donnent de mauvais fer, que les variétés plus ou moins décomposées sont les meilleures, et que celles qui renferment du manganèse donnent des fers qu'on transforme facilement en acier, d'où le nom de *mine d'acier*.

Les variétés compactes et terreuses du terrain houiller offrent un excellent minerai, et d'autant plus précieux qu'il se trouve auprès du combustible qui convient le mieux à son traitement. Ce sont les seules qu'on exploite en Angleterre: on les traite aussi en France aux environs de Saint-Étienne; et à Aubin dans l'Aveyron. Les variétés oolitiques des terrains supra-jurassiques sont employées à Hayanges, dans la Moselle, et dans plusieurs usines de la Côte-d'Or et de la Marne.

Smithsonite. — *Zinc carbonaté, zinc oxydé, calamine.*

§ 296. Rarement en cristaux, qui sont toujours très-petits; quelquefois en stalactites ou sous des formes empruntées au carbonate de chaux, ou bien en masses compactes.

A la calcination, ce minerai donne une fumée blanche qui se dépose autour de la pièce d'essai. La solution, qui se fait avec une vive effervescence dans l'acide azotique, donne, par l'ammoniaque, un précipité qui se redissout par un excès de cet alcali.

Les variétés cristallines ou stalactitiques se trouvent dans divers gîtes métallifères; mais les variétés en masses forment des couches avec le silicate de zinc dans les terrains de sédiment, depuis la for-

Digitized by Google

mation carbonifère jusqu'au lias. C'est dans ce dernier qu'il se trouve particulièrement en France, à Combecave (Lot), à Montalet près d'Uzès, à Saint-Sauveur en Languedoc, etc. Ces minerais sont exploités, dans diverses localités, en même temps que le silicate. (Voy. Calamine.)

§ 297. La *zinconise*, carbonate hydraté, se trouve en petite masse terreuse dans les mines de plomb de Bleyberg en Carinthie

Malachite et Azurite. — *Vert de montagne, cendre verte; cuivre azuré, azur de cuivre, bleu de montagne.*

§ 298. L'une de ces substances est verte, et cristallise en prismes rhomboïdaux droits; l'autre est bleue et présente des prismes obliques. Toutes deux donnent de l'eau par calcination et noircissent; leur solution précipite du cuivre abondamment. La première est un simple carbonate hydraté; la seconde est un bicarbonate combiné avec un hydrate de la même base.

Il faut joindre à ces deux espèces un carbonate anhydre, brun, comme tous les sels de cuivre anhydres, et qui a été observé dans l'Inde, au pays de Mysore.

La malachite, qui se trouve rarement sous sa forme cristalline naturelle, se présente souvent en cristaux octaèdres diversement modifiés, qui proviennent de la décomposition du protoxyde. Elle se montre aussi en prismes obliques, fibreux à l'intérieur, qui résultent de la décomposition de l'azurite. Du reste, elle se trouve en petites masses mamelonnées ou stalactitiques, souvent fibreuses à l'intérieur, et montrant en outre des couches d'accroissement qu'on distingue par la variation des teintes. Quelquefois elle est pulvérulente et alors fréquemment mélangée avec des matières terreuses et sableuses.

L'azurite est au contraire presque toujours cristallisée ou en boules formées de cristaux groupés. On la trouve aussi à l'état terreux, et souvent alors plus ou moins mélangée de matières étrangères. Ce qu'on appelle la *pierre d'Arménie* n'est qu'un de ces mélanges, qui est compacte et assez dur.

Ces deux substances sont en général des matières subordonnées aux gîtes métallifères cuivreux. La malachite se trouve quelquefois en masses assez abondantes dans les mines des monts Ourals en Sibérie. L'azurite s'est trouvée, pendant un temps, en abondance, à Chessy, près de Lyon, dans le grès bigarré.

Les variétés stalactitiques fibreuses de malachite, lorsqu'elles composent des masses suffisamment volumineuses, sont débitées en

Digitized by Google

feuilles minces, dont on fait des placages en pièces de rapport pour construire des tables, des vasques, des chambranles de cheminée, etc., qui sont d'une rare beauté.

Dans les lieux où les carbonates de cuivre sont abondants, on les emploie avec les autres minerais pour la préparation du cuivre : c'est une mauvaise manière d'en tirer parti; il vaudrait beaucoup mieux en fabriquer des sels de cuivre, et surtout le sulfate, dont on se sert fréquemment en teinture.

Natron et Urao. — *Soude, alcali minéral, soude carbonatée.*

§ 299. Le natron, tel qu'il se trouve dans la nature, est une matière effleurie, d'une saveur caustique et urineuse. Il est soluble dans l'eau, d'où il se dépose ensuite en cristaux qui renferment une plus grande quantité de ce liquide à l'état de combinaison. Ces cristaux retombent promptement en poussière à l'air.

L'urao est au contraire cristallisé en prismes obliques rectangulaires, sa saveur est moins caustique, et il est peu altérable à l'air. Il se présente en masses granulaires et quelquefois fibreuses.

La première de ces espèces se trouve à la surface de la terre dans les plaines basses de nos continents, aux environs de certains lacs, dont les eaux en renferment toujours une certaine quantité. Elle est abondante dans les temps secs, et couvre la terre d'efflorescences qui ressemblent à de la neige; c'est ainsi qu'on la voit dans les plaines de Hongrie autour de Debreczin, dans la vallée des lacs de Natron en Égypte, dans l'Arabie, dans l'Inde, etc.

L'urao forme des dépôts solides dans les matières argileuses de formation assez moderne. On le connaît à cet état en Colombie, autour du village de Lagunila, à une journée de Mérida, et il renferme disséminés des cristaux de gay-lussite. Il paraît qu'il se trouve de même en Afrique dans le Fezzan, sur le bord du grand désert, et probablement dans la vallée des lacs de Natron, à vingt lieues du Caire; du moins en tire-t-on de cette dernière localité des masses considérables qui sont inaltérables à l'air, et dont on a même bâti des murailles qui se conservent dans ces contrées sèches. Il est à présumer que c'est de sa décomposition que provient l'espèce qu'on nomme natron.

Les carbonates de soude se trouvent quelquefois aussi en efflorescences à la surface des laves et des scories dans les volcans actifs. Il en existe en solution dans un assez grand nombre d'eaux minérales, parmi lesquelles on doit citer particulièrement celles de Vichy en Auvergne et de Contrexeville dans les Vosges.

Digitized by Google

Ces sels de soude sont des matières importantes dans tous les lieux où elles se trouvent, pour la fabrication du savon et pour les verreries. Il s'en faisait autrefois une grande importation en France, et particulièrement de l'Égypte, pour cet objet; mais aujourd'hui tout ce qui nous est nécessaire est préparé artificiellement par la décomposition du sel marin, et il en est de même dans presque toutes les parties de l'Europe.

Carbonates divers.

§ 300. Les autres carbonates appartiennent la plupart aux gîtes métallifères, et sont toujours en petites quantités. La *Céruse*, la *Withérite*, la *Strontianite*, appartiennent plus spécialement aux dépôts de minerais de plomb; elles ont entre elles une très-grande analogie, et se trouvent tantôt en cristaux, tantôt en petites masses aciculaires, fibreuses, compactes, quelquefois terreuses. La Céruse est la plus abondante, et offre les cristaux les plus nets et les plus variés; elle présente surtout un grand nombre de groupes comme ceux que nous avons indiqués fig. 261 à 263.

C'est aussi dans les minerais de plomb de Leadhills en Écosse que se trouvent les carbonates de plomb sulfatifères, en petits cristaux plus ou moins distincts, dont les formes ne peuvent se rapporter à la Céruse. C'est dans les mêmes gisements qu'on rencontre aussi la *Strommite* et la *Baryto-Calcite*.

La *Giobertite* se trouve en rhomboèdres simples, disséminés dans les silicates magnésiens désignés sous le nom de talc. Tous les carbonates hydratés de la même base se trouvent à l'état terreux, en petites veines dans les serpentines.

BORIDES.

Corps donnant immédiatement à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte, ou laissant après l'action de l'acide azotique une matière qui possède cette propriété.

§ 301. Nous n'avons à parler ici que d'un très-petit nombre de substances, savoir :

1° L'*acide borique hydraté*, ou Sassoline. Cette substance se trouve en solution dans les eaux qui proviennent des fumarolles de Toscane, § 256, dans lesquelles elle cristallise; on la rencontre aussi en petites masses mélangées de soufre dans le cratère de Vulcano. Elle est à l'état d'hydrate, qui ne renferme que 56 pour 100 d'acide

Digitized by Google

sec. On la récolte et on l'emploie aujourd'hui pour la fabrication du borax.

2° Le Borax, ou borate de soude, que l'on dit tout formé dans les eaux de certains lacs de l'Inde, ou en petites couches cristallines à quelques pieds de profondeur dans les terres meubles. On le cite aussi à Ceylan, en Perse, dans la Tartarie méridionale, et en solution dans les eaux de certaines mines du Potosi. C'est de l'Inde qu'est venu tout le borax en Europe jusqu'au moment où l'on en a fabriqué avec l'acide borique de Toscane. Ce sel sert de fondant dans diverses opérations de petite métallurgie.

3° La Boracite, ou borate de magnésie, qui cristallise en cubes, remarquables par leur défaut de symétrie, § 45. Cette substance, peu commune, se trouve en cristaux disséminés dans le gypse de Lunebourg en Brunswick, et de Sageberg en Holstein.

4° Des borosilicates de chaux qui se trouvent dans le fer magnétique d'Arendal en Norvége; l'un, cristallisé en prismes rhomboïdaux droits, et un autre en petites masses boʻryoïdes.

GROUPE DES SILICIDES.

Corps composés de silice, soit seule, soit combinée avec divers oxydes.

Fusibles avec le sel de soude et attaquables ensuite par l'eau et les acides; solution acide donnant une grande quantité de silice, soit immédiatement, soit après l'évaporation et le traitement subséquent par l'eau.

§ 302. Ce groupe, qui ne renferme cependant que la silice et ses combinaisons avec diverses bases, est le plus étendu de tout le règne minéral. Il renferme aujourd'hui plus de deux cents espèces qu'on peut assez bien définir, et peut-être autant qu'on est sur la voie de reconnaître. Tous les jours, l'examen chimique des matières minérales fait découvrir de nouvelles combinaisons. Il en est ici de la silice et des diverses bases comme du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, dont les combinaisons, dans les matières dites organiques, peuvent s'effectuer sous un nombre presque infini de rapports déterminés.

Les substances qui entrent dans ce groupe ont un assez grand nombre de caractères physiques communs, et qui servent souvent à les reconnaître au premier moment. La plupart offrent l'éclat vitreux, du moins dans les variétés cristallisées; il n'en est aucune qui offre l'éclat métallique. Leur dureté est presque toujours considérable; un grand nombre rayent le quartz, et presque toutes les autres rayent ou usent le verre lorsqu'elles sont cristallisées. On ne peut guère les confondre sous ces différents rapports qu'avec les

Digitized by Google

fluosilicates topaze et picnite, le borosilicate datholite, le corindon et les spinelles, § 171, 173, 249, 301.

C'est aux terrains de cristallisation qu'appartiennent presque toujours ces corps : un petit nombre y forment, à eux seuls, des dépôts plus ou moins considérables; quelques-uns, en se réunissant d'une manière remarquable par la constance, constituent des roches qu'on nomme, à cause de cela, *roches composées*. La plupart des autres sont disséminés, ou en noyaux, dans diverses roches. Il y en a peu dans les terrains de sédiment.

Nous avons déjà indiqué plusieurs pierres employées dans la bijouterie et la joaillerie. C'est à la famille des silicides qu'appartiennent toutes les autres, tant celles qui conservent encore un prix élevé que quelques-unes plus communes qui sont cependant employées fréquemment.

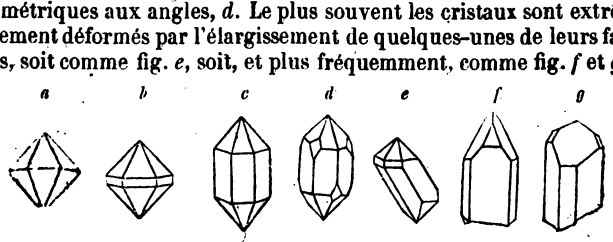
Dans l'impossibilité de décrire ici toutes les espèces qui appartiennent à ce groupe, nous choisirons celles qui sont les plus abondantes à la surface du globe, et sur lesquelles il est indispensable d'avoir quelques idées générales.

Silice pure

Matières infusibles seules; insolubles dans les acides, mais rendues solubles par la fusion avec l'alcali. Solution ne renfermant rien ou presque rien après la séparation de la silice.

Quartz, calcédoine et opale. — *Cristal de roche*, *agate*, *silex*, etc.

§ 303. **Caractères du quartz.** — De ces trois matières et de toutes leurs variétés, le quartz seul est susceptible de cristallisation. C'est une substance vitreuse, non altérable au feu, qui se rattache au système rhomboédrique, dont les cristaux offrent toujours des dodécaèdres à triangles isocèles, soit simples, fig. *a*, soit avec les faces du prisme hexagonal, *b* et *c*, et diverses modifications non symétriques aux angles, *d*. Le plus souvent les cristaux sont extrêmement déformés par l'élargissement de quelques-unes de leurs faces, soit comme fig. *e*, soit, et plus fréquemment, comme fig. *f* et *g*.



Digitized by Google

Le quartz se présente aussi sous des formes empruntées au carbonate de chaux scalénoèdre, au fer oligiste rhomboèdre, ou à la fluorine octaèdre. Nous avons déjà indiqué l'agglutination cristalline des sables quartzeux par du carbonate de chaux, § 67; mais un autre genre d'agglutination des sables a lieu par les coups de foudre, qui y produisent, en les traversant, des tubes plus ou moins irréguliers, qu'on nomme *fulgurites*, et qui se prolongent quelquefois fort loin dans la terre.

On trouve aussi le quartz en petites masses bacillaires ou fibreuses; mais fréquemment il est en grandes masses compactes, tantôt transparent et limpide, tantôt plus ou moins opaque. Ailleurs les masses ont une sorte de structure grenue, peu distincte, et passent à l'état lithoïde. Enfin, on trouve le quartz sous la forme de sables plus ou moins agglutinés, qui dans ce cas constituent souvent des *grès*, tantôt simples, tantôt mélangés de diverses matières.

Naturellement incolore, le quartz prend souvent des couleurs plus ou moins vives, par des mélanges de matières étrangères, tantôt en conservant sa transparence, tantôt en devenant opaque. Il se mélange ainsi de peroxyde de fer, d'hydrate jaune de ce peroxyde, ou d'argile ferrugineuse, rouge et jaune, et de matière amphibolique ou chloritique*, qui le colore en vert. L'*améthyste* est un quartz transparent violet, coloré par l'oxyde de manganèse; il y a aussi des quartz transparents de diverses teintes jaunes, des quartz bruns ou enfumés, etc.

§ 304. **Caractères de la calcédoine.** — La calcédoine, l'agate, la cornaline, le silex, sont toutes des matières de même nature, et entièrement siliceuses. Elles ont toutes pour caractères de blanchir au feu, et de s'y désagréger même entièrement. Elles n'offrent pas de traces de cristallisation extérieures, et ne présentent aucun signe de double réfraction lorsqu'elles sont réduites en lames qu'on puisse considérer comme homogènes; par conséquent elles ne sont pas non plus cristallisées à l'intérieur, et doivent être considérées comme une agglutination mécanique de particules siliceuses. Elles sont plus tenaces que le quartz et font plus facilement feu avec le briquet. Leur éclat, plutôt lithoïde que vitreux, a toujours quelque chose de gras ou de céroïde; quelques variétés, qui se rapprochent de l'opale par un éclat résineux, sont en partie attaquées par la potasse caustique lorsqu'elles sont réduites en poudre fine.

La calcédoine a souvent des formes empruntées; elle incruste

* Voyez plus loin les amphiboles, chlorites, micas, etc.

Digitized by Google

quelquefois des cristaux de quartz d'une pellicule plus ou moins épaisse, et en présente entièrement la forme. Ailleurs elle est substituée à différents cristaux de calcaire; plus souvent elle est sous la forme de branches de bois, de polypiers, dont elle conserve tout le tissu, ou bien se trouve moulée dans les cavités des coquilles ou des échinides. Elle se trouve en petites stalactites, en rognons plus ou moins volumineux, quelquefois creux à l'intérieur, tapissés ou remplis de cristaux de quartz, ou renfermant des matières terreuses.

La calcédoine, translucide ou opaque, est tantôt incolore, tantôt colorée par suite du mélange de quelques matières étrangères. Les variétés translucides portent fréquemment le nom d'*agate*, celles qui sont en même temps colorées portent les noms de *sardoine* lorsqu'elles sont jaunâtres ou brunâtres, et de *cornaline* lorsqu'elles sont rouges, couleur qui est due à des matières organiques, § 105. Lorsque diverses couleurs se trouvent réunies par zones ou par bandes, la matière prend fréquemment le nom d'*onyx*. Quelquefois la matière colorante se trouve en dendrites, il en résulte les *agates herborisées*.

Les *jaspes* sont des calcédoines opaques mélangées de diverses matières étrangères qui les colorent, ces matières sont le peroxyde de fer ou son hydrate, tantôt purs, tantôt mélangés d'argile, ou bien des silicates de couleur verte : c'est ce qui produit les jaspes rouges, jaunes, verts, etc., de diverses variétés, où les couleurs sont tantôt uniformément répandues, tantôt disposées par bandes, par zones, par taches, etc. Les jaspes calcédoniens se distinguent des quartz colorés opaques, qui leur ressemblent souvent, en ce qu'ils se désagrégent au feu. Il faut remarquer aussi que quelques jaspes qui renferment une grande quantité d'argile ferrugineuse, ou de calcaire, ce qui arrive quelquefois dans les silex des parties supérieures des terrains secondaires, deviennent fusibles au chalumeau; circonstance qui les a fait quelquefois confondre avec d'autres substances.

La *pierre meulière* n'est qu'une variété lithoïde et opaque de calcédoine, souvent criblée de cavités irrégulières qui lui ont valu le nom de *silex carié*.

Silice pulvérulente. — Dans les cavités de certains dépôts siliceux, ou dans les rognons de silex, on trouve assez souvent de la silice en poussière fine. Il existe aussi des rognons à texture très-lâche, qui semblent être formés par des matières pulvérulentes agrégées, et qui sont assez légers pour nager sur l'eau comme la ponce, ce qui leur a fait donner le nom de *silex nectique*.

Digitized by Google

Fréquemment aussi les rognons siliceux de la craie ont à la partie extérieure une couche plus ou moins épaisse de matière siliceuse opaque, blanche, peu agrégée, tandis que le centre est compacte et solide. Quelquefois on trouve plusieurs couches alternatives de matières solides et de matières pulvérulentes.

§ 305. **Caractères de l'opale.** — Comme la calcédoine, l'opale blanchit au feu, mais elle donne toujours alors une quantité notable d'eau. Elle est le plus souvent attaquable par la potasse caustique, précisément comme les précipités gélatineux encore hydratés que nous formons dans les laboratoires. Elle n'offre aucune trace de cristallisation ni de double réfraction. Beaucoup moins tenace que la calcédoine, elle donne moins d'étincelles par le choc du briquet. L'éclat est presque toujours plus ou moins résineux.

L'opale se présente quelquefois en petites stalactites ou en mamelons limpides et nacrés. Plus souvent elle est sous la forme de rognons plus ou moins volumineux, ou sous la forme de branches d'arbres dont elle conserve aussi la structure. Certaines sources minérales renferment de la silice, qu'elles déposent çà et là en produisant de l'opale incrustante plus ou moins grossière.

Quelquefois l'opale est sensiblement pure, et présente alors plus ou moins de transparence ou d'opacité. Certaines variétés demi-transparentes offrent dans leur intérieur des couleurs irisées extrêmement vives, qui les font rechercher et en rendent le prix très-élevé. Souvent aussi l'opale se colore par des mélanges de matières étrangères, et les variétés opaques, mélangées d'oxydes de fer, d'argile ferrugineuse, de matière verte, etc., forment ce qu'on nomme les *jaspes-opales* ou les *jaspes-résinites*.

On rencontre aussi des hydrates de silice, véritables opales, à l'état gélatineux ou pâteux et presque pulvérulent, qui sont quelquefois susceptibles de se délayer dans l'eau. Il y a des circonstances où l'opale semble avoir été altérée, où les rognons, les fragments, sont devenus blancs à la surface, se sont même réduits en poussière qui a dès lors perdu toute son eau. Quelques variétés reprennent par imbibition dans l'eau le liquide qu'elles ont perdu et en même temps leur translucidité; ces variétés se nomment *hydrophanes*.

Il paraît, sous le rapport de la composition, qu'il y a plusieurs hydrates très-différents les uns des autres par les quantités d'eau qu'ils renferment, et qui formeront peut-être autant d'espèces par la suite.

§ 306. **Gisement du quartz.** — On peut admettre généralement que le quartz proprement dit appartient aux terrains de cristallisa-

Digitized by Google

tion; il y forme à lui seul des filons considérables qui traversent toutes les roches, des amas étendus, des couches puissantes, où il est tantôt limpide, à l'état vitreux, tantôt plus ou moins opaque avec une sorte de texture grenue. Dans d'autres cas, il est mélangé de mica, qui s'y trouve par paquets, ou disséminé plus ou moins uniformément; ce sont alors des roches composées qu'on a nommées *hyalomictes*, et qu'on distingue en *granitoïdes* lorsqu'elles ont l'apparence du granit, et *schistoïdes* lorsque le mica, disposé en petites couches, donne à la masse une structure schisteuse. Lorsque le mica est très-abondant, en feuillets distincts qui alternent avec des feuillets de quartz, c'est le *micaschiste*.

Le quartz est aussi une partie essentielle du *granit*, où il se trouve réuni non-seulement au mica, mais encore au feldspath, le tout mélangé plus ou moins uniformément par petites parties. On nomme *protogyne* une sorte de granit qui se trouve en abondance dans les Alpes, où le mica est en général très-magnésien. On nomme *pegmatite* un granit où les trois éléments forment des espèces d'amas distincts réunis et accolés les uns aux autres.

Dans les terrains de cristallisation, on trouve souvent des fentes, des cavités irrégulières, où le quartz a cristallisé; c'est ce qu'on nomme des *fours* ou *poches à cristaux*, et c'est là qu'on récolte les groupes de quartz cristallin qui décorent les collections.

Dans les terrains de sédiment, le quartz forme çà et là quelques filons qui traversent plusieurs dépôts de bas en haut, mais il ne se montre plus en couches qu'à l'état sableux, plus ou moins aggluti-né, où il est tantôt assez pur, tantôt mélangé de matières étrangères, ou sali par de la limonite, etc. Si çà et là on rencontre encore du quartz cristallisé dans les dépôts sédimentaires, c'est en petits cristaux qui tapissent les cavités des amas de calcédoine ou des matières argilo-siliceuses qui séparent les bancs calcaires. Il est à remarquer que, dans les dépôts sédimentaires enclavés au milieu des terrains de cristallisation, les couches sableuses sont remplacées par des quartz compactes, tantôt purs, tantôt plus ou moins micacés comme les hyalomictes.

§ 307. **Gisement de la calcédoine.** — La calcédoine est beaucoup moins abondante dans les terrains de cristallisation, où elle est quelquefois en filons; mais, à l'état de jaspe, elle forme aussi des couches peu épaisses qui alternent un grand nombre de fois avec des matières amphiboliques, diallagiques et serpentineuses. (Voy. ces mots.) Elle se trouve en rognons plus ou moins volumineux, fréquemment à couches concentriques, dans certaines roches, en dépôts ou en buttes isolées, qu'on a nommées *amygdaloïdes*, parce

Digitized by Google

que les rognons de diverses substances s'y présentent comme des amandes enfermées dans une pâte.

En rognons opaques, où la matière prend plus particulièrement le nom de *silex*, elle est très-abondante dans les diverses couches calcaires ou marneuses de toutes les époques. Mais c'est particulièrement dans la craie que ces rognons sont nombreux et quelquefois très-volumineux, souvent très-étendus en largeur, et ressemblant alors à de petites couches; ils sont réunis par lits horizontaux, qui se répètent souvent un grand nombre de fois, à des intervalles de 2 ou 3 mètres, comme on le remarque surtout dans les falaises qui bordent le canal de la Manche.

Dans les terrains tertiaires on trouve des dépôts assez étendus de *pierre meulière*. Il en existe d'abord dans la partie inférieure, dans ce qu'on nomme le calcaire siliceux, comme dans toute la Brie, où l'on ne trouve pas de débris organiques; plus haut, sur la plupart des plateaux des environs de Paris, il s'en trouve des amas qui reposent sur les sables quartzeux par lesquels se termine la masse principale de nos collines : celles-ci renferment fréquemment des lymnées, des planorbes, etc., qui sont des coquilles d'eau douce.

§ 308. **Gisement de l'opale.** — C'est encore dans des positions un peu différentes que se trouve l'opale. On rencontre la plus grande partie des variétés dans les débris des terrains trachytiques, comme autour du Mont-Dore, dans le Siebengebirge, en Hongrie, dans les monts Euganéens, au Mexique, etc. Les roches trachytiques elles-mêmes en renferment aussi, les unes de petites veines, les autres des nids; on en trouve quelquefois encore dans les dépôts basaltiques, et aussi en rognons plus ou moins volumineux, ordinairement assez pure, dans des roches amygdaloïdes, comme on le voit particulièrement à l'île Fero.

Hors de ces gisements, l'opale forme des filons dans les dépôts de serpentine et de diallage, où elle offre ordinairement des variétés blanches, translucides ou opaques; c'est ce qu'on observe particulièrement à Mussinet, Baldissero, etc., en Piémont, à l'île d'Elbe, en Silésie, etc. On en trouve aussi dans les parties supérieures des terrains de sédiment, soit en nids dans les calcaires fluviatiles, comme dans l'Orléanais, à Gergovia en Auvergne, soit en rognons dans les couches marneuses des environs de Paris, où la matière est bleuâtre à la surface et brune dans l'intérieur, comme par exemple à Ménilmontant, d'où est venu à ces variétés le nom de *ménilite*. Fréquemment aussi l'opale est alors mélangée de marne, qui la rend blanche et complétement opaque, comme les silex des mêmes localités, et comme eux susceptible de se fondre au chalumeau.

Digitized by Google

Il y a aussi des *tufs d'opale* qui sont produits par les eaux de certaines sources, comme les eaux thermales de l'Islande, qui ont formé des dépôts de trois ou quatre mètres d'épaisseur, étendus sur d'assez grands espaces; il s'en trouve de même à l'île Saint-Michel, dans les Açores. Plusieurs sources minérales en déposent également de petites quantités, et l'on en a trouvé ainsi dans les conduits des eaux minérales du Mont-Dore en Auvergne. Probablement les dépôts de silice terreuse et légère de Randanne et de Ceyssat, également en Auvergne, ont été produits de la même manière. Ce sont sans doute aussi des eaux thermales chargées d'opale qui ont donné naissance aux nids et filons de cette nature qu'on trouve dans certains grès (voyez les Arkoses en *Géologie*), et qui ont fourni la pâte opaline qui en réunit çà et là les fragments.

§ 309. **Usages des matières siliceuses.** — Les variétés limpides de quartz ont été autrefois travaillées comme objets de luxe; on en faisait des coupes, de petits vases, divers ornements, des lustres, etc.; mais tous ces objets, fort chers à cause de la difficulté du travail, sont aujourd'hui passés de mode, et leur fabrication est tombée depuis l'introduction de l'espèce de verre nommé *cristal*, qui est la fois plus limpide, plus éclatant et plus facile à travailler. On n'emploie plus guère que l'améthyste, surtout lorsque, mélangée avec le quartz blanc, elle produit des dessins en zigzag; on l'associe souvent alors avec les mélanges de fluor et de quartz pour composer en pièces de rapport de jolis guéridons. On emploie aussi l'améthyste dans la joaillerie, et elle est même d'un prix assez élevé lorsque la pierre est grosse, d'une couleur foncée et bien uniforme; elle est alors recherchée pour les bagues d'évêques. Les teintes claires n'ont de valeur que quand les pierres réunies dans une parure sont exactement de la même teinte, ce qu'il faut choisir dans un très-grand nombre de pierres taillées. Certaines variétés de quartz, mêlées d'asbeste à fibres parallèles, et connues sous le nom d'*œil-de-chat*, § 101, sont quelquefois d'un assez grand prix. L'*aventurine*, qui est le plus souvent une variété d'hyalomicte, où de petites paillettes de mica très-brillantes sont uniformément disséminées, est encore assez recherchée en plaques; il y en a une autre, moins belle, qui est un quartz grenu coloré, dans lequel quelques cristaux, autrement tournés que les autres, brillent d'un plus grand éclat. On taille aussi en pierres à facettes les diverses variétés de quartz coloré, mais qui n'ont point de valeur. Ces pierres nous arrivent aujourd'hui du Brésil toutes taillées, et à des prix extraordinairement bas.

Les grès de diverses époques et de divers grains sont employés

Digitized by Google

pour faire des meules ou des pierres à polir et à aiguiser, ou des meules à moudre le blé, lorsqu'ils sont assez solides et à gros grains. Les sables blancs et purs servent dans les verreries pour fabriquer le verre blanc. Enfin les sables siliceux, quels qu'ils soient, sont partout mélangés avec les argiles pour la fabrication des poteries communes.

Diverses variétés de calcédoine, comme sardoine, cornaline, agate herborisée, ont été souvent fort recherchées, mais n'ont aujourd'hui que peu de valeur. Une autre variété, connue sous le nom de *chrysoprase*, qui, avec la demi-transparence, offre une jolie teinte verte, qu'elle doit à un silicate de nickel, est la seule qui soit encore demandée, et d'un prix élevé : elle fait de charmantes parures avec des entourages de diamants.

On emploie particulièrement les diverses variétés de calcédoine pour la gravure sur pierres fines; les onyx sont surtout recherchés pour les camées, et l'on exécute alors le petit bas-relief sur l'une des couches, en laissant l'autre pour le fond.

Un des emplois les plus importants, mais qui baisse encore aujourd'hui de plus en plus depuis l'usage des poudres fulminantes. est celui des silex pour la fabrication des pierres à fusil. Nous possédions en France les meilleures variétés pour cet usage, et pendant longtemps on en a exporté une très-grande quantité; mais ce commerce a ensuite été prohibé. Nos plus grandes fabrications étaient dans le département de Loir-et-Cher.

Le silex molaire, ou pierre meulière, est aussi une matière importante, non-seulement comme excellente pierre à bâtir pour les constructions qui demandent de la solidité, mais encore pour la confection des meules de moulin, pour lesquelles aucune autre matière ne peut être mise en comparaison. Il s'en fait une grande quantité dans le bassin de Paris, d'où elles sont transportées dans tous les points de la France, et même en pays étranger. Les plus renommées sont celles de la Ferté-sous-Jouarre dans le département de Seine-et-Marne.

L'opale n'est employée que comme objet d'agrément. Les variétés irisées, qui sont souvent d'un très-haut prix, sont très-recherchées dans la joaillerie; on taille quelquefois aussi certaines variétés jaunâtres, qu'on nomme *opale de feu* et *girasol*. Les bois pétrifiés et opalisés, surtout les palmiers, sont quelquefois taillés en cachets, en boîtes, etc.

Digitized by Google

Silicates magnésiens, calcaires, etc.

Solution, privée de silice, donnant le plus souvent par l'évaporation un résidu déliquescent, amer..... ou les indices du fer, du manganèse, du zinc, du cuivre, etc., § 136.

§ 310. Parmi les corps qui se rapportent à ce groupe nous avons particulièrement à étudier les silicates magnésiens anhydres, hydratés ou hydratifères, et les silicates calcaires, tantôt simples, tantôt combinés avec les premiers ou avec leurs isomorphes. Ce sont ceux qu'il importe le plus de connaître, en choisissant parmi eux les plus communs, à cause du rôle qu'ils jouent comme roches, ou comme parties constituantes de certaines roches. Nous devons cependant remarquer encore la *calamine*, comme minerai de zinc, et le *zircon*, comme employé dans la joaillerie; la *gadolinite* nous intéresse par la présence de l'yttria; la *cérérite* par l'oxyde de cérium, et la *thorite* par celui du thorinium.

A. *Silicates magnésiens simples anhydres.*

§ 311. Péridot (*Olivine, chrysolite de volcans*). — Substance vitreuse, le plus souvent verte, rayant difficilement le quartz, infusible au chalumeau, cristallisant en prismes rectangulaires diversement modifiés, mais se trouvant le plus souvent en petits rognons à structure granuliforme ou en petits grains irréguliers disséminés.

Le péridot se trouve en rognons, quelquefois assez gros, et en grains disséminés dans la basalte, roche pour laquelle il est en quelque sorte caractéristique; nos basaltes de l'Auvergne, du Velay, et surtout du Vivarais, nous en présentent de nombreux exemples. On le trouve rarement dans les laves, et il n'en existe ni dans les roches trachytiques ni dans les terrains de granit; mais il s'en trouve dans les cavités du fer météorique de Sibérie, § 174, et plusieurs pierres météoriques même en renferment quelques grains.

§ 312. Talc. — Substance verdâtre, blanchâtre ou grisâtre, le plus souvent feuilletée, susceptible de se diviser en lames minces plus ou moins transparentes, qui offrent deux axes de double réfraction : elle est alors assez analogue au mica; mais elle en diffère chimiquement par l'absence de l'alumine, et physiquement en ce qu'elle est douce et onctueuse au toucher, que ses feuillets sont moins élastiques. Cette matière se raye facilement par l'ongle; elle est très-difficilement fusible au chalumeau.

Digitized by Google

On connaît aussi le talc en petites masses composées d'écailles; quelquefois il est compacte, mais on confond souvent alors sous ce nom des *Stéatites*, qui en diffèrent par la présence de l'eau.

Le talc ne forme pas de grandes masses; il se trouve en amas, en filons même, dans différentes roches de cristallisation, et dans les calcaires qui y sont enclavés. Il faut remarquer qu'on désigne souvent sous ce nom les micas très-magnésiens qui se trouvent dans les protogynes des Alpes; c'est à ces micas que se rapporte tout ce qu'on a indiqué comme talc cristallisé.

B. *Silicates magnésiens hydratés et hydratifères.*

§ 313. Ces silicates ont beaucoup d'analogie les uns avec les autres. Ce sont presque tous des matières compactes, au moins dans un sens, s'ils ont quelques indices de clivage dans les autres; le plus souvent ils sont doux ou même onctueux au toucher, tendres, à poussière douce. Un seul jusqu'ici s'est trouvé nettement cristallisé en petits rhomboèdres ou en dodécaèdres à triangles isocèles, combinés plusieurs ensemble : c'est la *villarsite*, qui vient des mines de fer de Traverselle en Piémont.

On voit dans le tableau des espèces que ces corps sont des silicates, bisilicates ou trisilicates, qui, dans chaque ordre, ne diffèrent les uns des autres que par des quantités relatives d'eau et de silicate, ou celles d'hydrate magnésien et de silicate de la même base. Il suffit de comparer les deux colonnes pour voir que les espèces hydratifères ne sont souvent que des espèces hydratées avec une quantité plus ou moins grande d'hydrate de magnésie. Cet hydrate est alors le plus souvent enlevé par l'action d'un acide.

Parmi toutes ces substances, dont le nombre des espèces s'accroîtra sans doute beaucoup, nous avons surtout à remarquer la stéatite, la magnésite, la serpentine, et les diallages, qui sont les plus répandues et les plus connues.

§ 314. Stéatite. — La stéatite, qu'on nomme aussi *craie de Briançon*, est une substance extrêmement onctueuse et grasse au toucher, compacte ou finement écailleuse, qu'on trouve quelquefois sous des formes empruntées, soit au quartz, soit au carbonate de chaux, et enveloppées dans la stéatite compacte

Cette substance n'est souvent que du talc hydraté, mais quelques analyses indiquent aussi un bisilicate hydraté qui a les mêmes caractères extérieurs. Ces matières se trouvent dans les mêmes gisements que le talc, mais en général elles sont plus abondantes. C'est particulièrement de Briançon qu'on tire celle dont on fait la

Digitized by Google

poudre onctueuse qui sert à faire glisser les bottes, ou que les tailleurs emploient pour tracer sur le drap la coupe des habits.

§ 315. Magnésite. — C'est encore un talc hydraté, mais où la quantité d'eau est beaucoup plus grande. Au lieu d'être onctueuse, la poussière est, au contraire, sèche au toucher; du reste, la matière est plus ou moins terreuse et toujours très-tendre, le plus souvent blanchâtre ou grisâtre, ce qu'elle a de commun avec l'*Aphrodite* et la *Dermatine*.

La magnésite se trouve d'abord dans les serpentines, où elle forme des veines ou des rognons, comme en Piémont; mais elle existe aussi dans les dépôts de sédiment supérieurs, et surtout dans les calcaires fluviatiles, comme aux environs de Paris, à Salinelle près de Montpellier, et près de Madrid en Espagne; elle est partout accompagnée de matières siliceuses et surtout d'opale, et la masse terreuse qui enveloppe les opales de Ménilmontant, près de Paris, en est presque entièrement formée.

Certaines variétés homogènes, compactes, qui proviennent de l'Asie Mineure, sont employées, sous le nom d'*écume de mer*, à cause de leur légèreté, pour fabriquer des pipes fort estimées dans le Levant, et qui sont toujours fort chères.

§ 316. Serpentines.— Les serpentines, avec lesquelles les autres silicates hydratifères ont beaucoup d'analogies extérieures, ainsi que plusieurs hydrates simples, sont des matières compactes, tendres, mais tenaces, a cassure plus ou moins esquilleuse, et d'un éclat gras, dont la poussière, et souvent la masse même, est généralement douce au toucher. Elles sont presque infusibles au chalumeau, ne se fondant, et avec difficulté, que sur les bords des écailles fort minces. Elles prennent de la dureté en perdant l'eau combinée.

Les couleurs de ces matières, généralement sombres, varient du vert au noir et au brun plus ou moins foncé; toutes les teintes se trouvent souvent réunies par taches, ou par espèces de veines, sur le même échantillon, ce qui donne à la masse quelque ressemblance avec une peau de serpent, d'où est venu le nom de serpentine. On nomme en général *serpentines nobles* les variétés dont les couleurs sont plus vives et plus tranchées, et qui ont un certain degré de translucidité.

Ces matières, ainsi que les congénères qui se distinguent par les proportions atomiques, se trouvent dans toutes les positions géologiques. Souvent elles sont au milieu des terrains de cristallisation, soit isolées, soit mélangées avec des calcaires qui y sont enclavés, et formant des marbres composés, § 290. Ailleurs, plus ou moins

Digitized by Google

éloignées des dépôts ordinaires de cristallisation, elles sont en liaison avec des calcaires de divers âges, et qui paraissent même quelquefois assez modernes; elles forment des collines plus ou moins élevées, souvent alignées sur une même direction, et dans le voisinage desquelles se trouve fréquemment du gypse, § 230. Souvent elles accompagnent les dépôts des minerais de fer, surtout le fer magnétique, ou leur servent de gisement, § 180.

Les serpentines sont abondantes à la surface de la terre; il en existe en Bretagne, en Limousin, dans les Pyrénées; les Alpes en renferment dans un grand nombre de lieux, et surtout dans les parties qui regardent l'Italie; toute la côte de Gênes en est en quelque sorte formée. La Saxe en présente des dépôts considérables, surtout aux environs de Zœblitz. L'Angleterre, l'Écosse, l'Amérique septentrionale, etc., en offrent également beaucoup; on en cite en Afrique, en Asie, etc.

Dans les lieux où les serpentines sont abondantes, on les emploie à divers usages. Nous avons d'une part les marbres serpentineux et diallagiques, § 290; de l'autre, les serpentines pures, qu'on emploie en tables, en plaques, en colonnes, qui sont d'un assez bel effet lorsqu'on choisit les variétés des plus vives couleurs; on en fait aussi beaucoup de petits ouvrages, comme vases de diverses sortes, socles de pendules, etc., qui forment surtout un objet d'industrie important pour la contrée de Zœblitz. Une variété grise, qui a beaucoup de ténacité, qui se taille encore plus facilement que les autres, surtout en sortant de la carrière, et qu'on nomme *pierre ollaire*, est employée, de temps immémorial, à la confection d'une poterie particulière d'un très-bon usage : on la taille, on la tourne, et on en fait ainsi des marmites, des poêlons, etc., fort solides, quoique minces et légers, qui résistent bien au feu et ne donnent aucun goût aux aliments. Il s'en fait surtout une grande quantité dans la Valteline et dans les Grisons; c'est la ville de Côme qui en est l'entrepôt, et de là il s'en répand dans plusieurs parties de l'Italie et dans la Suisse.

§ 317. Diallages. — Les diallages sont des matières fort analogues aux serpentines, mais qui, aussi bien que la *Monradite*, sont susceptibles d'un clivage suivant lequel elles sont plus ou moins nacrées; dans les autres sens, la cassure est compacte, plus ou moins esquilleuse, terne ou céroïde. Ils sont aussi très-tendres, à poussière douce au toucher; la plupart plus fusibles au chalumeau que la serpentine, surtout dans les variétés où le protoxyde de fer, qui remplace la magnésie, devient plus abondant. Il y a évidemment ici, comme dans les serpentines, plusieurs espèces particulières

Digitized by Google

qui diffèrent par l'ordre de l'hydrate ou du silicate, mais qui ont à l'extérieur beaucoup d'analogies.

Les diallages ne forment pas à eux seuls de dépôts à la surface du globe; ils appartiennent aux dépôts de serpentines, dans lesquels ils sont en général disséminés, ou en nids tellement empâtés, qu'il est souvent impossible de les distinguer. Ils forment aussi, avec l'albite compacte ou avec le labradorite, des roches désignées sous le nom d'euphotides, § 342.

C. *Silicates calcaires ou calcaréomagnésiens.*

§ 318. Nous ne connaissons que deux silicates simples à base de chaux; un bisilicate qui se clive en prismes rhomboïdaux, et un trisilicate qui paraît aussi se rapporter au même système de cristallisation. La plupart des autres pourraient être considérés comme des bisilicates simples, où la chaux, la magnésie, le protoxyde de fer, se substituent les uns aux autres pour former des substances qui se clivent aussi en prismes rhomboïdaux et qui dès lors paraîtraient isomorphes. Cependant les analyses semblent aussi offrir des rapports assez constants entre les silicates de diverses bases, pour avoir fait penser qu'il en résultait des combinaisons comme nous les avons tracées dans le tableau des espèces.

Plusieurs de ces corps sont peu importants, et ne se trouvent qu'en nids accidentels au milieu de certaines roches; d'autres, au contraire, se rencontrent très-fréquemment, et méritent en conséquence qu'on s'en occupe plus spécialement : ce sont, d'une part, le diopside et l'hédenbergite, réunis jadis sous le nom de *pyroxène*, qu'on peut considérer comme formant un genre de minéraux; de l'autre, la trémolite et l'actinote, réunies sous le nom d'*amphibole*, qui forment encore un genre à côté du premier.

Genre Pyroxène.

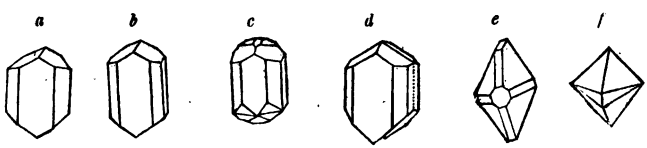
§ 319. On nomme *pyroxène* des substances blanches, vertes ou noires, qui cristallisent en prismes obliques, qui se clivent, les unes parallèlement aux pans d'un prisme rectangulaire, les autres à ceux d'un prisme rhomboïdal de 92°55'; les bases du prisme, que le clivage présente quelquefois aussi, sont inclinées à l'axe de 106° à 106° $\frac{1}{2}$. Ces substances rayent difficilement le verre et sont toutes rayées par le quartz; elles sont fusibles au chalumeau, en verre incolore ou coloré, suivant qu'elles sont privées d'oxyde de fer ou qu'elles en renferment plus ou moins.

Digitized by Google

On nomme *Diopside* des variétés blanches ou d'un vert clair qui ne renferment que de la chaux et de la magnésie, ou une légère quantité de protoxyde de fer. L'*Hédenbergite*, d'un vert foncé et presque noir, ne renferme au contraire que du protoxyde de fer avec peu de magnésie ou même pas.

On désigne sous le nom d'*Augite* des variétés noires, toujours à poussière brune, dont le clivage rhomboïdal est plus apparent, et qui se trouvent particulièrement dans les laves et les produits basaltiques; la composition en est généralement altérée, mais les caractères cristallographiques sont les mêmes, si ce n'est qu'en général les formes sont plus simples.

Les pyroxènes se présentent presque toujours cristallisés; les cristaux les plus communs sont des prismes divers terminés par des sommets obliques, fig. *a*, *b*, *c*, et souvent des cristaux groupés de ces espèces, *d* : ce sont là en général les cristaux noirs des volcans. Il en existe aussi en octaèdres irréguliers plus ou moins modifiés, *e*, *f*. et telles sont les variétés vertes du Tyrol, qui ont reçu le



nom de *fassaite*. On connaît aussi les pyroxènes, et particulièrement les variétés vertes, en petites masses bacillaires, lamellaires, granulaires et compactes; mais alors il faut une grande habitude pour les distinguer de beaucoup d'autres substances; il n'y a même que l'analyse qui puisse réellement fournir un caractère net et précis.

Les pyroxènes forment quelquefois des veines, des filons, dans les roches de cristallisation; ailleurs ils sont disséminés dans des calcaires enclavés au milieu de ces terrains, dans les dolomies, dans les grands dépôts de fer magnétique. L'augite se trouve particulièrement dans les laves anciennes et modernes, dans les basaltes, rarement dans les roches trachytiques. Les volcans en ont quelquefois rejeté avec profusion des cristaux isolés, qu'on trouve sur leurs flancs. Ces pyroxènes noirs sont parties constituantes de la roche plus ou moins granitoïde nommée *dolérite*, où ils sont mélangés avec le labradorite, § 342; ce sont eux qui colorent les basaltes et les mélaphyres en noir.

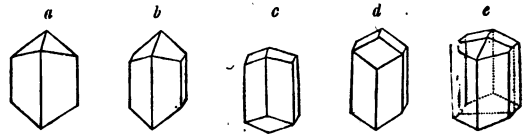
Digitized by Google

Genre Amphibole.

§ 320. On nomme amphibole des substances blanches, vertes ou noires, fort analogues aux pyroxènes, clivables aussi en prisme rhomboïdal, mais où les faces sont inclinées de 124° à 127°. La composition présente aussi les mêmes éléments que les pyroxènes, mais réunis dans des proportions différentes.

On nomme particulièrement *Trémolite* des variétés blanches ou légèrement verdâtres, qui ne renferment que de la chaux et de la magnésie. On désigne sous le nom d'*Actinote* les variétés d'un vert foncé où la magnésie est remplacée en tout ou en partie par le protoxyde de fer. On donne le nom de *Hornblende* aux variétés noires qui, comme l'augite, se trouvent particulièrement dans les laves, les basaltes et les roches trachytiques, et dont la composition est généralement altérée.

La trémolite se trouve en prismes rhomboïdaux plus ou moins allongés, mais dont les sommets sont toujours frustes; l'actinote est en prismes du même genre plus ou moins modifiés, et à sommets dièdres. La hornblende est en cristaux réguliers et bien proportionnés, qui ressemblent beaucoup à ceux du pyroxène augite, fig. *a*, *b*, *c*, *d*. Les groupements que l'on connaît se distinguent de



ceux des pyroxènes en ce qu'ils n'ont pas d'angles rentrants, et se présentent, fig. *e*, comme résultant de la réunion de deux cristaux, fig. *c*, en sens inverse.

On trouve aussi les amphiboles en masses bacillaires ou fibreuses, à fibres droites, divergentes ou entrelacées; à cet état, l'actinote surtout forme quelquefois des masses considérables, des dépôts ou des couches : il s'en trouve aussi en masses lamellaires.

Les amphiboles appartiennent à peu près à tous les dépôts de cristallisation, et l'actinote surtout y forme quelquefois des couches subordonnées ou des dépôts plus ou moins étendus où il se trouve en même temps du mica, du feldspath, des grenats, etc. Le quartz est fréquemment rempli d'actinote disséminée, et forme des roches

Digitized by Google

particulières plus ou moins schistoïdes ; quelquefois les calcaires enclavés dans les terrains cristallins en sont aussi remplis. Nous verrons que, mêlée avec l'orthose ou l'albite, l'amphibole forme les siénites et les diorites, § 342. Cette matière est beaucoup plus commune dans les terrains trachytiques que les pyroxènes.

Il est à remarquer qu'en fondant de l'actinote dans un creuset, on obtient, par un refroidissement lent, une matière qui présente les clivages des pyroxènes, d'où il semble résulter une grande analogie entre les deux substances, qui peut-être ne diffèrent réellement que par la cristallisation, malgré les proportions différentes que présentent les analyses. On connaît des cristaux d'amphibole qui présentent le clivage du pyroxène, ce qui tend à rappeler l'effet de la chaleur sur le sulfate de zinc, etc., § 48.

§ 321. *Asbeste et amiante.* — C'est en grande partie aux substances magnésiennes que nous venons de citer que se rapportent les matières fibreuses qu'on désigne sous les noms d'*asbeste* et d'*amiante*. Les dépôts de serpentine présentent souvent des fissures qui sont remplies de ces matières, tantôt à fibres assez grossières, tantôt, au contraire, à fibres fines et souples comme de l'étoupe de soie : ces matières sont des silicates magnésiens, la plupart hydratés ou hydratifères, et quelques-uns anhydres. On voit quelquefois les passages de la serpentine ou des diallages à ces sortes de substances.

Les pyroxènes offrent aussi des passages à des matières fibreuses souples qui semblent en être des variétés; mais ce sont surtout les trémolites qui présentent assez fréquemment ces sortes de modifications; il en résulte des masses fibreuses à fibres peu adhérentes qui sont de véritables asbestes. Celles-ci diffèrent beaucoup de celles qui proviennent des matières purement magnésiennes, en ce que les fibres en sont toujours très-roides, cassantes, et telles qu'en les brisant les mains se remplissent de petites pointes qui font éprouver une certaine douleur. Il paraît cependant que ces asbestes roides n'appartiennent pas toutes à la trémolite, et qu'elles en contiennent seulement les éléments réunis en d'autres proportions. Nous verrons aussi des asbestes qui proviennent de l'épidote, § 337.

D. *Silicates divers.*

§ 322. Les silicates de manganèse, simples ou hydratés, ont jusqu'ici peu d'importance. La *Rhodonite* est la seule espèce bien établie; elle est de couleur rose, et sa cristallisation, peu commune,

Digitized by Google

aussi bien que sa composition, en font une isomorphe de la wollastonite, et de toutes les substances qui s'y rattachent.

Dans les silicates de cuivre, qui se font remarquer par la couleur verte, ou vert bleuâtre, il n'y a que la *Dioptase*, substance très-rare, qui soit cristallisée; elle est en prismes hexagones terminés par des rhomboèdres.

§ 323. Calamine. — La calamine est importante comme minerai de zinc abondant et très-pur. C'est une matière blanchâtre ou jaunâtre, rayant seulement la fluorine; donnant de l'eau par calcination, mais insoluble au chalumeau; soluble en gelée dans les acides, dont la solution donne les indices du zinc, § 136, 4°. Elle cristallise dans le système prismatique rectangulaire, et le plus souvent en petites tables rectangulaires biselées de diverses manières. On la trouve aussi en petites masses stalactitiques et mamelonnées, en petites masses fibreuses, qui ressemblent fréquemment aux zéolites, § 347, en masse lamellaire compacte, souvent caverneuse, ou enfin en masse terreuse.

Cette substance se trouve assez souvent comme matière accidentelle dans les gîtes métallifères, principalement avec les minerais de plomb et de cuivre; mais elle forme aussi de grands amas à elle seule dans les terrains de sédiment depuis la formation carbonifère jusqu'au lias. Elle est alors exploitée avec avantage pour la préparation du zinc et du laiton, et elle présente un minerai facile à traiter, qui renferme jusqu'à 68 pour 100 d'oxyde de zinc. Il en existe de grands dépôts dans la haute Silésie, en Belgique, principalement près d'Aix-la-Chapelle, où se trouvent les mines de la Vieille-Montagne, et dans le pays de Juliers. Nous en avons en France, à Montalet près d'Uzès, à Combecave près de Figeac, dont on pourrait peut-être tirer parti. C'est cependant encore de Belgique que nous arrive tout le zinc métallique dont nous nous servons.

La *Willelmine*, même silicate anhydre, cristallisant dans le système rhomboédrique, tapisse les cavités de la calamine de la Vieille-Montagne.

§ 324. Zircon. — Substance vitreuse, presque toujours transparente, le plus souvent rouge, quelquefois jaunâtre, bleuâtre et même incolore; d'un éclat gras particulier qui rappelle l'éclat du diamant; toujours cristallisée, et offrant des prismes à bases carrées, ordinairement pyramidés et modifiés de diverses manières, très-rarement des octaèdres.

Assez dure pour rayer le quartz, mais rayée par la topaze; infusible au chalumeau, mais perdant ses couleurs par l'action du feu.

Digitized by Google

Le zircon ne se trouve que disséminé; il existe dans les siénites et dans les gneiss qui en dépendent, dans les basaltes et les tufs basaltiques, et rarement dans les trachytes. Il se trouve, et souvent en assez grande quantité, dans les sables des ruisseaux qui traversent ces divers terrains : c'est ainsi qu'on en rencontre près du Puy-en-Velay, au Riou-Pézoulion, et qu'il existe à Ceylan, où on l'a d'abord remarqué.

Cette substance est quelquefois employée dans la joaillerie; mais, à l'exception de quelques pierres bien choisies, elle produit en général très-peu d'effet. C'est du zircon qu'on extrait la zircone pour l'usage des laboratoires.

§ 325. Gadolinite.—Substance noire, vitreuse, rayant le verre avec facilité, fusible au chalumeau, en verre opaque : indiquée en prismes obliques rhomboïdaux, qui sont du moins très-rares.

Elle ne se trouve dans la nature qu'en très-petite quantité, disséminée dans les pegmatites, et n'a encore été observée qu'en Suède, aux environs de Fahlun et à Ytterby. C'est la substance dont on tire l'*yttria;* elle en renferme de 45 à 55 pour 100, suivant qu'elle est plus ou moins mélangée de matières étrangères.

§ 326. Cérérite. — Substance rosâtre, ou violâtre, tirant au brun ou au gris, très-pesante, rayant difficilement le verre, donnant de l'eau par calcination et infusible au chalumeau.

C'est de cette matière qu'on extrait principalement l'oxyde de cérium, dont elle renferme 68 pour 100. Elle se trouve avec la *Cérine*, qui n'en renferme que 28, dans les mines de cuivre de Saint-Gorans, à Ryddarhytta en Suède. Les autres matières cérifères sont encore moins riches.

§ 327. Thorite. — C'est une substance noire, vitreuse, rayant le verre, qui donne de l'eau par calcination, et prend alors une couleur jaune. Elle forme des nids dans les siénites de l'île de Loewen en Norvége; c'est encore la seule matière dans laquelle on ait trouvé l'oxyde de thorinium, qui se rapproche de la zircone et de l'alumine.

Silicates alumineux simples.

Solution, privée de silice, donnant le plus souvent, par l'ammoniaque, un précipité floconneux abondant et attaquable par la potasse caustique.

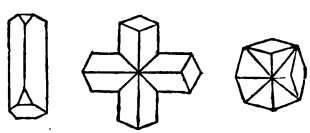
§ 328. L'alumine est en général abondante dans tous les minerais de ce groupe; mais souvent aussi elle se trouve remplacée, soit en partie, soit en totalité, par le peroxyde de fer, ou par les

Digitized by Google

oxydes isomorphes de chrome et de manganèse. Il en résulte que le caractère de donner par l'ammoniaque un précipité floconneux attaquable par la potasse caustique n'est pas absolu, mais on le trouve le plus communément.

§ 329. Staurotide, Disthène, Andalousite. — Les silicates alumineux simples sont tantôt anhydres, tantôt hydratés, ou hydratifères. Dans les premiers nous n'avons guère à remarquer aujourd'hui que la *staurotide*, le *disthène*, l'*andalousite*, substances disséminées dans les terrains de cristallisation.

La *staurotide*, de couleur brune, tantôt transparente, tantôt opaque, difficilement fusible, est en général cristallisée, et en prismes rhomboïdaux plus ou moins modifiés, fig. *a*; fréquemment en groupes cruciformes, *b* et *c*, qui, dans le principe, l'ont fait particulièrement remarquer et désigner sous le nom de *pierre de croix*, ce que signifie encore le nom actuel.



Le *disthène*, fréquemment de couleur bleue, ce qui lui a valu aussi le nom de *cyanite*, est totalement infusible; il se trouve en cristaux prismatiques allongés, minces, mal conformés au sommet, et clivables en un sens, ou bien en petites masses bacillaires et même fibreuses très-denses.

Ces substances appartiennent généralement aux roches métamorphiques. Elles se trouvent toutes deux réunies dans les micaschistes du Saint-Gothard; mais la staurotide se présente seule en Bretagne, dans les schistes argileux, et le disthène seul dans les roches quartzeuses du Tyrol, dans diverses roches porphyriques, etc.

L'*andalousite*, ordinairement opaque, blanche, grisâtre, rougeâtre, cristallise en prismes rhomboïdaux très-rapprochés du prisme carré. Elle présente aussi de petites masses à fibres fines, avec lesquelles on a confondu certaines variétés de disthène. Sa variété la plus remarquable est celle dont nous avons parlé sous le nom de macle, § 59. Cette substance se trouve dans les terrains cristallins, ou métamorphiques, en Bretagne, en Forez, en Tyrol, en Bavière, etc.

§ 330. **Silicates hydratés ou hydratifères.** — Ces silicates hydratés sont tous des matières compactes, très-tendres, quelquefois translucides et d'un éclat résineux, le plus souvent opaques et ternes, passant à l'état terreux. On n'en connaît pas de cristallisés, et ce n'est que par l'analyse qu'on peut les distinguer les uns des au-

Digitized by Google

tres. On voit dans le tableau des espèces qu'ils se rapportent à trois types, silicates, bisilicates et trisilicates, et qu'ils ne diffèrent dans chaque ordre que par les quantités relatives d'eau, ou d'hydrate, et de silicate. Ceux qui sont hydratifères se distinguent surtout en ce que les acides leur enlèvent facilement une certaine quantité d'alumine.

Ces matières se trouvent en petits nids dans certains dépôts métallifères, en noyaux dans des roches amygdaloïdes, en rognons dans les calcaires, ou dans les matières arénacées qui en séparent les couches; quelquefois elles forment des amas assez considérables, ou des espèces de filons dans ces dernières; elles constituent, en grande partie, les dépôts argileux qu'on trouve dans les terrains de sédiment, où fréquemment elles sont mêlées de matières sableuses plus ou moins abondantes.

Les silicates ferriques qui se rapportent à ce groupe sont aussi tantôt simplement hydratés, tantôt hydratifères; on ne les connaît jusqu'ici qu'en nids plus ou moins volumineux, dans des dépôts de minerais de fer ou de manganèse.

§ 331. *Argiles.*—C'est aux silicates alumineux hydratés, ou hydratifères, qu'appartiennent les matières désignées sous le nom d'*argile*, ainsi que les terres labourables qu'on nomme *terre forte*, *terre franche*, etc. Ce sont toujours au fond des silicates déterminés, mais souvent salis par des mélanges de toute espèce, qui fréquemment consistent en sables quartzeux, tantôt purs et tantôt impurs, parce qu'ils proviennent de la destruction de diverses espèces de roches.

Les argiles, qui se trouvent en dépôts assez considérables à la surface de la terre, sont des matières éminemment utiles. D'un côté, elles arrêtent les eaux de pluie qui filtrent dans les terres de sédiment, et les forcent d'aller s'écouler au jour sous la forme de sources, § 255. D'un autre côté, elles sont employées à un grand nombre d'usages, et surtout à la fabrication des briques et des diverses sortes de poterie, objet d'une haute importance, qui procure l'existence à un nombre infini de familles. Les argiles grossières servent pour les poteries communes; d'autres, plus pures, sont employées pour les *terres de pipe* ou *terres anglaises*, et une sorte de porcelaine commune d'un excellent usage. Les belles porcelaines sont fabriquées avec la terre particulière nommée *kaolin*, qui résulte d'une décomposition de matières feldspathiques.

Les *terres à foulon* ne sont encore que des argiles calcarifères, grasses au toucher, et se polissant sous l'ongle, qui se dilatent dans l'eau et s'y délayent en rendant ce liquide plus ou moins savonneux. Elles sont de la plus grande importance pour les fabriques

Digitized by Google

de draps, où on les emploie pour débarrasser les tissus de l'huile dont on a été obligé d'imbiber la laine pour la travailler. En France, les plus renommées sont celles d'Issoudun (Indre), de Villeneuve et de Septôme (Isère), de Flavin (Aveyron), de Rittennau en Alsace.

La *pierre à détacher* qu'on vend à Paris est une argile calcarifère de la formation gypseuse, § 230, qu'on emploie tantôt seule, tantôt mélangée avec un peu de carbonate de soude, qui lui donne la propriété de raviver des couleurs altérées par les acides.

Les allophanes et les halloysites, qui sont abondantes dans quelques localités, comme celles de Beauvais et de Bayonne, pourraient être employées avec avantage pour la fabrication du sulfate d'alumine pur, qui est si important dans l'art de la teinture.

Silicates alumineux doubles.

Solution acide renfermant diverses matières en même temps que l'alumine, et précipitant dès lors par divers réactifs.

§ 332. Cette division, dans laquelle l'alumine est aussi remplacée par ses isomorphes, peroxyde de fer, $\dot{\dot{F}}e$, oxyde de chrome $\dot{\dot{C}}r$ et oxyde de manganèse $\dot{\dot{M}}n$, renferme un nombre immense de corps, dont le tableau ne présente que les plus communs, ou les plus utiles sous le rapport de la classification. On voit qu'il y en a d'anhydres, d'hydratés, et même d'hydratifères. Dans les premiers, un grand nombre sont à base de chaux, de protoxyde de fer et de manganèse; d'autres renferment de la potasse, de la soude ou de la lithine. Plusieurs, quoiqu'à bases différentes, présentent les mêmes formules de composition, et forment en conséquence des groupes particuliers, ou *genres*, qu'il importe de distinguer.

Plusieurs silicates hydratés ont leurs correspondants parmi les silicates anhydres, comme la Conichrite dans les Grenats, la Thomsonite dans la Wernérite, la Scolézite dans le Labradorite, la Stilbite dans la Carnatite. Le plus grand nombre sont à base de chaux. Il en est qui renferment plus ou moins de protoxyde de fer, et présentent alors des substances fort analogues, de couleur verte, qu'on a désignées sous les noms de *chlorite* ou de *terre verte*. Quelques composés magnésiens, qui ont plus ou moins de rapports avec le talc et les micas, renferment des hydrates de magnésie.

Il y a aussi des composés dans lesquels l'alumine paraît faire fonction de corps électro-négatif, et il en résulte des combinaisons de silicates et d'aluminates. Cette même substance y est quelquefois encore remplacée, en tout ou en partie, par ses isomorphes.

Digitized by Google

Enfin, certains silicates alumineux renferment du fluor, du chlore, du soufre, dont les fonctions sont peu connues, et d'autres des carbonates, des phosphates, des sulfates de diverses bases, ce qui rappelle les carbonates sulfatifères, § 300.

A. *Silicates alumineux doubles anhydres.*

§ 333. Parmi les nombreuses espèces de cette division, nous avons particulièrement à considérer : le groupe de formules analogues à la tête duquel se trouvent l'*Idocrase* et le *Grossulaire*, et qui constitue ce qu'on a appelé les *Grenats*, puis le groupe *Zoïsite* et *Thallite*, qui forme les *Épidotes* et auquel se joint la *Méionite;* enfin le groupe dans lequel se trouvent l'*Orthose*, l'*Albite*, etc., de même formule de composition, et qui forment ce qu'on nomme, en général, le *Feldspath*, auquel il faut joindre le *Labradorite*, le *Ryacolite*, l'*Andésine* et l'*Oligoclase*, désignés sous le même nom, quoique de formules différentes. Ce dernier groupe nous intéresse en ce que ses espèces jouent un rôle important dans les terrains de cristallisation; les autres, parce qu'ils s'y rencontrent fréquemment. Nous y ajouterons l'*Émeraude*, dont le nom bien connu doit faire désirer quelques détails sur les matières qui le portent.

Émeraude. — *Béril, aigue-marine.*

§ 334. Substance vitreuse, rayant le quartz et rayée par la topaze, cristallisant en prismes à base d'hexagone régulier.

Fusible au chalumeau en émail blanc. Renfermant de la glucyne.

Cette substance se trouve généralement cristallisée, et c'est toujours le prisme hexagone qui domine. Ce prisme est très-rarement terminé par des pyramides, mais souvent il se trouve déformé et devient cylindroïde.

Les couleurs sont variées; il y a des émeraudes limpides, ou opaques et incolores; d'autres sont jaunes, vert-bouteille et bleuâtres. Rarement elles présentent un beau vert, qui est dû alors à l'oxyde de chrome.

Gisement. — L'émeraude se trouve en général disséminée; elle appartient particulièrement à l'espèce de granit nommée pegmatite. Quelquefois on la trouve dans le gneiss. La belle émeraude verte se trouve au Pérou dans un schiste argileux lié avec des calcaires. Assez souvent l'émeraude est hors de place dans des dépôts arénacés qui proviennent de la destruction des roches que nous venons d'indiquer. C'est une matière assez commune, qu'on trouve

Digitized by Google

en France en grande quantité dans les pegmatites du Limousin; il n'est pas rare dans le pays de la trouver en morceaux brisés dans les tas de pierres réunies pour l'entretien des routes.

Usage. — On emploie pour la bijouterie l'émeraude verte du Pérou, certaines variétés bleuâtres qu'on nomme *aigues-marines*, et les variétés vert jaunâtre qu'on nomme *béril*. La première est la seule qui ait quelque valeur; elle est même d'un prix très-élevé lorsque, étant assez grande, elle ne présente aucun défaut.

Genre Grenat.

§ 335. On nomme *grenats* des matières qui cristallisent dans le système cubique, et généralement en dodécaèdres rhomboïdaux, ou en trapézoèdres; qui sont toutes susceptibles de rayer le quartz, et qui sont fusibles au chalumeau. Elles présentent la même formule de composition, quoique les bases soient très-variables; l'une étant tantôt la chaux, tantôt le protoxyde de manganèse, etc.; l'autre tantôt, l'alumine, tantôt le peroxyde de fer ou l'oxyde de chrome correspondant. Souvent tous ces composés sont mélangés ensemble dans le même cristal, et les couleurs sont, par suite de cela, très-variables. Le plus communément ce sont des teintes rouges plus ou moins foncées, qui appartiennent particulièrement à l'*Almandine;* mais il y a aussi des grenats jaunâtres ou verdâtres qui sont, le plus souvent, des *Grossulaires*, des grenats vert-émeraude qui forment l'*Uwarovite*, enfin des grenats bruns et noirs qui constituent la *Spessartine* et la *Mélanite*.

Les grenats sont presque toujours cristallisés, et alors abondamment disséminés dans les diverses roches de cristallisation, principalement dans les micaschistes, les gneiss, les pegmatites, les schistes argileux, les roches serpentineuses, les calcaires qui avoisinent les terrains de cristallisation. On en trouve aussi dans les terrains trachytiques, basaltiques et volcaniques modernes; dans ces derniers, ce sont le plus souvent des grenats à base de peroxyde de fer, c'est-à-dire l'espèce qu'on a nommée *mélanite*. On trouve aussi le grenat en petites masses granulaires, et même à l'état compacte et lithoïde; quelquefois il constitue alors de petites couches au milieu des micaschistes.

Les grenats des diverses teintes rouges sont très-recherchés par les bijoutiers; ceux qui sont d'un rouge de feu, ou violâtres, d'une belle teinte veloutée, sont désignés sous le nom de *grenat styrien*, *grenat oriental*, et forment probablement ce que les anciens appelaient *escarboucle*; ceux qui sont d'un rouge tirant plus ou moins

Digitized by Google

sur l'orangé sont désignés sous le nom d'*hyacinthe*. Toutes ces pierres sont souvent d'un prix assez élevé.

§ 336. Idocrase. — Les idocrases, de même composition que les grenats, ne diffèrent que par le système de cristallisation, qui est alors le prisme carré. Comme les grenats, il y en a de diverses bases, mais qui sont toujours plus ou moins mélangées. Elles sont en général à base de chaux et de protoxyde de fer, et vertes ou brunes; quelquefois à base de magnésie, et alors blanches ou jaunâtres; à base d'oxyde de cuivre et présentant une teinte bleue qui leur a valu le nom de *cyprine*.

Ces matières, qu'on connaît le plus souvent cristallisées, mais qu'on trouve aussi en masses bacillaires, fibreuses, granulaires et compactes, se rencontrent dans les mêmes gisements que les grenats, et fréquemment avec eux. On en trouve beaucoup dans les blocs de dolomie qui existent dans les tufs ponceux dont la base du Vésuve, ou ce qu'on appelle la *Somma*, est entourée. Elles forment quelquefois, comme le grenat, des couches minces au milieu des micaschistes, et principalement en Piémont.

Genre Épidote.

§ 337. Les épidotes se trouvent partagées en deux espèces, dont l'une, le *Zoïsite*, à base de chaux, est grisâtre, et dont l'autre, la *Thallite*, ou *pistacite*, à base de protoxyde de fer, est d'un vert foncé. C'est celle-ci qui est la plus commune, et qu'on rencontre très-fréquemment dans les terrains granitiques-alpins. Elle cristallise en prismes obliques ordinairement allongés, le plus souvent groupés les uns sur les autres et formant des masses bacillaires qui remplissent les fissures des roches. Quelquefois elle est en filaments extrêmement ténus; qui forment une espèce d'amiante ou d'asbeste qu'on a nommée quelquefois *amiantoïde*. A l'état compacte elle se mélange parfois avec le quartz et constitue des couches ou des amas plus ou moins puissants. Elle forme aussi de petits nids disséminés dans les roches, et de petits rognons dans les amygdaloïdes de diverses localités.

On connaît cette substance presque partout; mais, en France, les environs du bourg d'Oisan ont fourni de belles masses bacillaires. En Suède, en Norvége, les mines de fer, qui appartiennent aux formations cristallines, en ont présenté souvent de beaux cristaux plus ou moins volumineux.

§ 338. La Méionite, qui a la même composition que le zoïsite, en diffère par la cristallisation, qui offre un prisme à base carrée. Elle

Digitized by Google

s'est trouvée dans les dolomies de Sterzing en Tyrol, et dans les blocs de la même substance qui sont empâtés dans les débris dont la Somma est entourée, etc.

Groupe feldspathique.

§ 339. **Caractères généraux.** — Les matières qui reçoivent collectivement le nom de *feldspath* sont la plupart aussi abondantes dans les terrains de cristallisation que le calcaire dans les terrains de sédiment. Elles y constituent quelquefois des dépôts à elles seules, et sont généralement parties constituantes essentielles des roches composées qu'on y trouve. Ces matières sont toutes assez dures pour rayer au moins le verre; toutes sont plus ou moins fusibles, en émail blanc ou en verre bulleux. Leurs cristaux, souvent nombreux et variés, présentent au premier abord beaucoup de ressemblance; cependant les uns, comme ceux d'orthose et de ryacolite, se rapportent au prisme rhomboïdal oblique, tandis que les autres, comme ceux d'albite, d'oligoclase, de labradorite, etc., appartiennent au prisme oblique obliquangle, § 40; tous présentent des clivages plus ou moins faciles, mais dans ceux de la première série deux des faces produites se rencontrent à angle droit, tandis que dans les autres toutes ces faces se rencontrent obliquement.

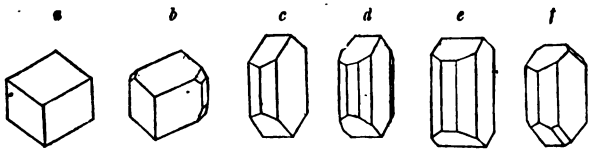
Sous le rapport de la composition ces matières sont toutes formées de telle sorte que la quantité d'oxygène de l'alumine ou de ses isomorphes est triple de celle de l'autre base; mais cette condition n'empêche pas qu'elles ne se divisent en plusieurs genres qui se distinguent par le degré de saturation des silicates réunis, et où les quantités d'oxygène sont successivement de 12, 9, 8, 6, 4. Chacun de ces genres peut renfermer plusieurs espèces caractérisées par les différents éléments isomorphes.

§ 340. **Genre feldspath.** — On peut comprendre sous ce nom les matières du plus haut degré de saturation, qui appartiennent à l'un des systèmes prismatiques obliques et qui se trouvent formées par une réunion de trisilicates, entrant chacun pour un atome dans le composé, suivant la formule $\dot{\ddot{A}}l\ \ddot{S}i^3 + \dot{R}\ddot{S}i$ ou $3\ Al\ Si^3 + K\ Si^3$, R ou *R* désignant les bases à 1 atome d'oxygène. Ce genre renferme les espèces suivantes :

1° Orthose ou Orthoclase, $3\ Al\ Si^3 + K\ Si^3$. — Les cristaux d'orthose, assez communs dans les diverses sortes de granit, sont quelquefois des prismes rhomboïdaux, simples ou modifiés, fig. *a* et *b*; mais le plus souvent des prismes hexagones irréguliers ter-

Digitized by Google

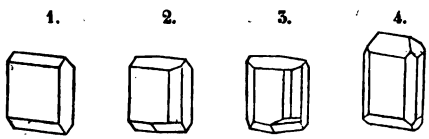
minés par des sommets dièdres et diversement modifiés, *c*, *d*, *e*, *f*, quelquefois très-compliqués. Il y a aussi beaucoup de cristaux groupés.



On trouve aussi l'orthose sous des formes globulaires, engagées dans de l'orthose compacte plus ou moins sali de matières étrangères, et dont quelquefois elles peuvent se détacher. Ces globules, quelquefois assez gros, sont généralement striés du centre à la circonférence. Du reste, on rencontre cette substance en masses laminaires, divisibles en plaques plus ou moins épaisses; en masses lamellaires; en masses schisteuses, composées de feuillets compactes plus ou moins épais, souvent séparés par des enduits micacés; en masses granulaires à grains fins, et enfin à l'état compacte.

Naturellement blanc, l'orthose se colore de diverses manières par des substances mélangées très-variées. Il est quelquefois limpide, mais le plus souvent opaque; dans le premier cas, il présente quelquefois des reflets nacrés très-agréables.

2° Albite, $3\,Al\,Si^3 + Na\,Si^3$. — Les cristaux d'albite offrent aussi des prismes à sommets dièdres, mais modifiés inégalement sur les arêtes ou sur les angles, fig. *a*, *b*, *c*, *d*, ce qui montre leur rapport au système oblique obliquangle. Ils sont souvent groupés en sens inverse par des plans parallèles à celui des petites diagonales du prisme; et ce plan n'étant plus perpendiculaire à la base, il en résulte des angles rentrants très-ouverts, qu'on remarque encore dans le clivage.



L'albite se trouve aussi en masse laminaire, quelquefois feuilletée; en masse lamellaire, granulaire, quelquefois fibreuse et palmée, ou enfin en masse compacte.

Digitized by Google

3° Pétalite, 3 $Al\,Si^5 + L\,Si^5$. — Cette substance à base de lithine n'est encore connue qu'en masses laminaires qui se clivent en prismes obliques obliquangles. On ne l'a rencontrée qu'à Utö en Sudermanie dans des blocs isolés qui paraissent appartenir à la pegmatite.

Le pétalite est une des substances dont on peut extraire la lithine, mais on emploie plus souvent à cet effet le triphane qui l'accompagne et qui est un peu plus commun.

4° Carnatite, 3 $Al\,Si^3 + Ca\,Si^3$. — Ici la chaux prend la place des alcalis; mais on ne connaît que de très-petits cristaux rectangulaires de cette matière, qui, du reste, paraît entrer dans la composition des granits et des gneiss de Coromandel. Cette substance diffère des précédentes en ce qu'elle est attaquable immédiatement par les acides, comme le labradorite, dont nous parlerons plus tard.

§ 341. **Autres genres.** — Les autres matières feldspathiques diffèrent nettement des précédentes par l'ordre des silicates réunis, où le degré de saturation diminue successivement. Elles forment aujourd'hui quatre genres distincts sous ce rapport, quoique par la cristallisation elles aient les plus grandes analogies les unes avec l'orthose, comme le ryacolite, les autres avec l'albite, dont elles diffèrent cependant par les angles dièdres correspondants. On distingue aujourd'hui les genres et les espèces suivants :

1° Oligoclase, 3, $Al\,Si^2 + Na\,Si^3$. — Déjà on ne voit plus ici qu'un bisilicate alumineux avec un trisilicate de la seconde base, ce qui forme le type d'un des genres que nous avons annoncés.

L'oligoclase, substance blanchâtre ou gris verdâtre, présente un éclat gras particulier qui la fait distinguer au premier moment. Ses cristaux n'ont offert jusqu'ici que des surfaces onduleuses ou raboteuses qui permettent peu d'en mesurer les inclinaisons mutuelles; mais ils ont une grande analogie avec ceux de l'albite, avec lesquels on les a d'abord confondus. On ne connaît cette substance qu'en petites masses lamellaires, formées de cristaux qui s'isolent çà et là et en masse compacte remplie de matières diverses qui en font une roche composée.

Le Triphane est une autre espèce du même genre où la lithine remplace la soude; c'est une substance de couleur verdâtre d'un éclat un peu nacré qu'on n'a trouvée encore qu'en masse lamellaire assez facilement clivable suivant les pans du prisme. Ces deux espèces ont été longtemps confondues ensemble.

2° Andésine; 3 $Al\,Si^2 + (Ca, Na)\,Si^3$. — Cette substance, confondue aussi avec l'albite, nous offre encore un nouveau genre, en

Digitized by Google

ce que la seconde base se trouve aussi à l'état de bisilicate. Elle n'a été observée jusqu'ici qu'en très-petits cristaux blancs, disséminés dans des porphyres amphiboliques qu'on a nommés *andésite* parce qu'ils constituent la base des Andes dans l'Amérique équatoriale. Ces porphyres ont leurs analogues en Hongrie, où ils se présentent dans les mêmes relations géologiques.

3° Ryacolite, $3\,Al\,Si + (Na, K)\,Si^3$. — Ici, comme dans les substances suivantes, le silicate alumineux se simplifie encore, et, se combinant tantôt avec un trisilicate de la seconde base, tantôt avec un simple silicate, il donne lieu aux deux autres genres dont il nous reste à parler.

Le ryacolite, comme nous l'avons dit, cristallise en prisme oblique rhomboïdal, comme l'orthose, dont il diffère légèrement par les angles. On ne le connaît encore positivement que dans les laves de l'abbaye de Laach dans l'Eiffel, et dans les blocs de dolomie de la Somma, accompagné de pyroxène. Ses cristaux ont cet éclat particulier, cette espèce de fendillement qui ont fait imaginer le nom de *feldspath vitreux*, mais qu'on trouve également dans l'albite et l'orthose.

4° Labradorite, $3\,Al\,Si + (Ca, Na)\,Si^3$. — C'est le même genre de formule que précédemment; mais ici la soude est remplacée par la chaux, et la cristallisation se rapporte au prisme oblique obliquangle : la substance est attaquable par les acides comme la carnatite.

La variété la plus remarquable de labradorite, déjà connue depuis longtemps, est en masse laminaire susceptible de clivage, qui offre de beaux reflets de couleurs variées et changeant avec l'inclinaison de la pierre par rapport à l'œil. Mais on connaît aussi le labradorite en petits cristaux offrant ordinairement des pans très-élargis parallèles à la petite diagonale des prismes primitifs. Ces cristaux, empâtés surtout dans les laves de l'Etna et de Stromboli, se distinguent immédiatement par la facilité avec laquelle ils se clivent suivant les grandes faces, et qui est telle, qu'ils paraissent comme schisteux sur la cassure transversale; quand la roche les présente à plat, leur surface offre une multitude d'écailles qui se détachent avec la plus grande facilité. Cette substance paraît aussi exister à l'état compacte dans les euphotides, et dans certains basaltes où elle est colorée en noir par le pyroxène.

5° Anorthite, $3\,Al\,Si + (Ca, K, Na)\,Si$. — C'est le type du quatrième genre. Cette substance est en cristaux très-brillants; on l'a nommée aussi *spath de glace, eisspath*, et on la trouve avec pyroxène et mica dans les blocs de dolomie de la Somma.

Digitized by Google

§ 342. **Gisement des matières feldspathiques.** — De toutes les matières feldspathiques, l'orthose paraît être encore aujourd'hui la plus abondante. D'abord cette substance se trouve en cristaux qui sont disséminés dans diverses espèces de roches, simples ou composées, ou qui en tapissent les fissures et les cavités. Elle est partie constituante essentielle des granits et des gneiss, § 172, 306, qui sont les roches les plus abondantes des terrains de cristallisation, où elle offre toujours une structure lamellaire, résultat d'une accumulation de cristaux clivables. Réunie à l'amphibole, elle forme la *siénite*, qui offre au premier abord une grande ressemblance avec le granit et qui constitue aussi de très-grands dépôts.

Légèrement grenu et mélangé de mica, l'orthose forme encore la roche composée nommée *leptinite*, qu'on distingue en granitoïde et schisteuse. A l'état compacte, il constitue aussi des couches ou des amas considérables, où le plus souvent il est coloré par des mélanges de matières étrangères. Souvent alors il se trouve rempli de cristaux disséminés, tantôt d'orthose, tantôt d'albite, quelquefois des autres espèces, qui forment sur la pâte des taches parallélogrammiques. On a alors des *porphyres*, qu'on distingue par la couleur de leur fond; il y en a de bruns, de rouges, de verts, de noirs, etc. Les cristaux disséminés sont tantôt grands, tantôt petits, souvent blancs, et dans tous les cas d'une teinte moins foncée que le reste de la masse. Les porphyres sont encore des roches très-communes non-seulement dans les grandes formations cristallines, mais encore dans certains dépôts de sédiment au travers desquels ils se sont fait jour. Dans certains cas les cristaux sont remplacés par des nodules de même matière, ou des globules striés du centre à la circonférence : de là résulte ce qu'on a nommé *variolites*, parce que les matières disséminées, souvent blanchâtres, font saillie à la surface des morceaux roulés, des masses dégradées par le temps, et rappellent les pustules de la petite vérole.

L'albite présente à peu près les mêmes circonstances que l'orthose; on la trouve en cristaux dans les fissures des roches granitiques, surtout des protogynes, § 306, ou bien empâtée dans les porphyres. Réunie à l'*amphibole*, elle forme les *diorites*, roches composées fort analogues à la siénite, qui, par le mélange intime des éléments, passent à des matières compactes, vertes ou noires, d'apparence homogène, qu'on trouve en filons dans les dépôts cristallins ou sédimentaires, en amas ou sous la forme apparente de couches. Ce sont ces diorites compactes qui forment la pâte des porphyres verts des diverses variétés. Cette substance plus ou moins mélangée des autres espèces feldspathiques forme aussi la plus

Digitized by Google

grande partie des roches que leur âpreté a fait désigner sous le nom de *trachyte*, et qui ont produit des épanchements considérables à la surface du globe.

L'oligoclase ne s'est guère présentée en Europe que disséminée dans certaines roches granitoïdes, comme dans l'Ariége, en Silésie, en Suède, en Norwége; on la cite cependant au cap Lizard en Cornouailles, en association avec l'hyperstène et constituant une roche analogue à l'euphotide. Elle remplace l'albite dans certaines diorites des monts Ourals. On l'a citée dernièrement en petits cristaux dans les roches trachytiques de Ténériffe.

Le labradorite a été d'abord observé sur la côte de Labrador, en morceaux roulés qui paraissaient provenir de certaines siénites dans lesquelles on rencontre aussi l'hyperstène. On l'a reconnu depuis avec cette dernière substance dans les monts Ourals, et constituant alors une roche particulière qu'on a nommée *hypérite*. On le regarde aujourd'hui comme formant le fond des roches qu'on nomme *euphotide*, où il est associé, à l'état compacte, avec certaines variétés de diallage. Réuni au pyroxène, il constitue la *dolérite*, roche analogue à la siénite et à la diorite, qui est tantôt granitoïde, tantôt compacte par suite de l'atténuation des parties constituantes. A ce dernier état cette réunion paraît être la pâte des porphyres noirs nommés *mélaphyre*, et de la plupart des *basaltes*. Il constitue enfin les laves de l'Etna et du Stromboli.

§ 343. **Usages des matières feldspathiques.** — Certaines variétés d'orthose, qui offrent plus ou moins de transparence avec des reflets nacrés, sont employées dans la joaillerie sous le nom de *pierre de lune*, dont les plus belles viennent de Ceylan. On nomme *pierre de soleil* une variété analogue remplie de petites paillettes de mica disséminées, qui est beaucoup plus rare et d'un prix très-élevé. Un feldspath laminaire d'une belle couleur verte, connu sous le nom de *pierre des amazones*, est employé pour de petits objets de fantaisie, tels que boîtes, socles, pendules, etc. C'est au même usage qu'on emploie les belles variétés chatoyantes de labradorite. On se sert aussi de plusieurs roches feldspathiques composées; c'est ainsi qu'on emploie le granit pour les bornes, pour les bordages de trottoir dans les grandes villes où le transport peut s'effectuer facilement. Cette même roche, ainsi que les siénites et les porphyres de diverses sortes, a été employée par les anciens en colonnes, en baignoires, en urnes sépulcrales, en tables, en plaques, etc., que l'on voit encore dans les édifices modernes; c'est ce qu'on nomme assez improprement les *marbres durs*. On ne fabrique guère de ces objets aujourd'hui, parce que les matières exigent

Digitized by Google

de grands frais pour être taillées et polies; on fait seulement quelques plaques, quelques chambranles, de petites colonnes, des vases, que des particuliers même se donnent rarement à cause de leur prix élevé. Une des belles matières de ce genre est celle qu'on nomme le *granit orbiculaire de Corse :* c'est une roche d'albite et d'amphibole vert entremêlés, dans laquelle se dessinent de gros globules radiés et à couches concentriques formés de ces deux mêmes matières. Ce qu'on nomme *porphyre orbiculaire de Corse* est un feldspath compacte, jaunâtre ou brunâtre, dans lequel se trouvent aussi de gros globules de même nature, radiés du centre à la circonférence; fort belle, sans doute, cette matière est cependant beaucoup au-dessous de la première. On pourrait employer le feldspath, vu sa fusibilité, pour fabriquer du verre blanc dans certaines localités; je ne sache pas cependant qu'on en ait fait usage sous ce rapport, mais on emploie les *perlites,* dont nous parlerons tout à l'heure. et les verres blancs qu'ils produisent ont beaucoup de solidité.

§ 344. **Appendice aux matières feldspathiques.** — On est conduit à placer ici beaucoup de matières dont la composition est assez mal connue, mais qui renferment à peu près les mêmes éléments que les feldspaths, et sont comme eux fusibles en émail blanc. Ce sont l'*obsidienne*, la *marékanite*, le *perlite*, la *sphérolite* et la *ponce*, qui toutes appartiennent aux dépôts trachytiques, ainsi que le *rétinite*, qu'on trouve en filons ou en amas dans les terrains de sédiment inférieur.

Les *obsidiennes* sont des matières vitreuses, le plus souvent noires, qui se boursouflent presque toujours très-fortement au feu, et qui dans la nature passent à des ponces boursouflées. Le *perlite* est une matière à structure testacée, plus ou moins nacrée, et qui tient de la nature vitreuse. La *marékanite* se présente en globules plus ou moins vitreux dans le perlite, et la *sphérolite* s'y trouve en globules lithoïdes striés du centre à la circonférence. La *ponce* se rattache à l'une et à l'autre de ces matières, et en outre à beaucoup d'autres roches trachytiques; elle forme quelquefois de grands amas et surtout se trouve en fragments plus ou moins volumineux constituant autour des groupes trachytiques de grands dépôts nommés *conglomérats ponceux*, qui ont été souvent remaniés par les eaux.

Les *rétinites* sont en principe des matières vitreuses qui se trouvent dans les grès houillers et les grès rouges, § 172, note, et en relation avec des épanchements porphyriques. Jamais les rétinites ne passent à la ponce, mais bien à des matières lithoïdes, à des mélaphyres, etc.

Digitized by Google

§ 345. **Décomposition naturelle.** — Les matières feldspathiques, ainsi que plusieurs de celles que nous y rattachons par appendice, se trouvent aussi dans la nature à l'état de décomposition et réduites en matières terreuses qui ont quelquefois conservé toute la structure des roches dont elles proviennent. Ce n'est pas seulement une désagrégation, car il ne reste qu'un simple silicate *Al Si*, plus ou moins hydraté; par conséquent il y a eu soustraction, pour l'orthose et l'albite, d'un silicate alcalin, de la formule $(K, Na)\,Si^9$. Or il est à remarquer que ce dernier silicate est soluble dans l'eau à 200 degrés, car à cette température le feldspath est décomposé et il reste le corps insoluble *Al Si*. Cette remarque, importante sous le rapport théorique, peut conduire à l'idée que la décomposition ne se fait pas journellement, comme on l'a pensé, et qu'elle a eu lieu dans l'intérieur même de la terre, avant le soulèvement de ces masses, sous la pression d'environ 15 atmosphères.

Quoi qu'il en soit, l'orthose, l'albite, la ponce, sont fréquemment décomposés, et produisent des substances assez analogues entre elles, qu'on nomme en général *kaolin :* c'est l'espèce d'argile qu'on emploie pour la fabrication de la porcelaine en France. Il y a de grands dépôts de kaolin dans le Limousin, surtout dans les environs de Saint-Yrieix, et c'est ce qui a donné lieu aux nombreuses fabriques du pays. La porcelaine, la plus belle des poteries, a pour couverte ou vernis le feldspath lui-même, non altéré, que l'on désigne alors sous le nom de *pétunzé.*

Dans quelques localités la ponce a subi des modifications beaucoup plus grandes encore, et il s'est formé de nouveaux composés. C'est ainsi que les tufs ponceux qui ont recouvert Herculanum, ceux qui forment la masse du Pausilippe, sont en partie convertis en une espèce d'allophane qui pourrait être très-utile pour la préparation de l'alun.

Amphigène, Néphéline, Wernérite.

§ 346. A côté de l'anhésine et de l'anorthite, nous trouvons des substances qui offrent la même formule de composition, et qui dès lors sembleraient devoir entrer dans le groupe feldspathique; mais aucune d'elles n'a les formes prismatiques obliques, et n'est susceptible de clivage.

L'Amphigène, substance grisâtre ou rougeâtre, appartient au système cubique et cristallise en trapézoèdre. Elle se trouve en cristaux disséminés, assez abondants, dans les roches qui consti-

Digitized by Google.

tuent la Somma, dans celles des anciens épanchements volcaniques de la campagne de Rome, dans diverses roches trappéennes du Brisgau.

La Néphéline, ordinairement blanche, plus ou moins transparente, se présente en prisme hexagone régulier. Elle se trouve comme l'anorthite dans les blocs de dolomies de la Somma, et paraît constituer plusieurs des anciennes laves de la campagne de Rome.

La Wernérite, en prismes à base carrée, plus souvent en petites masses bacillaires qui résultent de leur groupement, se trouve dans les gîtes métallifères de Norvége, de Suède, ou dans les roches de gneiss ou de calcaire qui les avoisinent.

B. *Silicates alumineux doubles hydratés, à base calcaire ou alcaline.*

§ 347. Toutes les matières de ce groupe ont entre elles beaucoup de ressemblance, et dans le principe ont été toutes confondues sous le nom de *zéolite*, parce qu'elles fondaient au chalumeau avec bouillonnement. Elles donnent toutes de l'eau par calcination, sont toutes solubles en gelée dans les acides, soit à froid, soit à chaud; la plupart sont à base de chaux. Elles sont généralement blanches, et quelquefois seulement colorées en rouge par le mélange de peroxyde de fer. Leur dureté est peu considérable, car presque toutes sont incapables de rayer le verre.

Sous le rapport de la cristallisation, une seule de ces substances, l'*Analcime*, appartient au système cubique, et en offre la plupart des modifications; une autre, la *Chabasie*, se trouve en rhomboèdres, et l'*Herschélite* ou *Hydrolite* en prisme hexagone régulier. Deux, la *Scolézite* et la *Thomsonite*, se rapportent au prisme à base carrée; plusieurs au système droit rectangulaire, comme la *Stilbite* et la *Mésotype*, et trois au système prismatique oblique, telles que la *Laumonite*, la *Heulandite*, la *Brewstérite*. On peut donc les distinguer en plusieurs groupes lorsqu'elles sont cristallisées; mais elles se trouvent fréquemment en petites masses fibreuses, et il n'y a plus alors que l'analyse pour les caractériser.

Ajoutons maintenant que ces matières se trouvent toutes dans le même gisement, et que souvent elles sont réunies ensemble. Elles appartiennent en général aux amygdaloïdes, aux basaltes, aux tufs basaltiques, et en remplissent les cellules.

Quelques-unes cependant se trouvent aussi dans les fissures du granite protogyne, comme la stilbite et la laumonite, ou dans les filons métallifères qui offrent aussi les deux substances que nous venons de citer, et en outre l'harmotome et la brewstérite.

Digitized by Google

Les plus communes de ces matières sont la mésotype, la scolézite, l'analcime, la chabasie et la stilbite. Ce sont aussi celles qu'on rencontre le plus fréquemment dans les collections

C. *Silicates alumineux doubles hydratés, magnésiens, terreux, etc.*

§ 348. La plupart des substances rangées dans ce groupe renferment plus ou moins de silicates de protoxyde de fer qui leur donnent une couleur verte; de là le nom général de *chlorites* appliqué à celles de ces matières qui sont composées de petites lamelles entremêlées, et celui de *terre verte*, aux matières purement terreuses.

Parmi les chlorites, on distingue aujourd'hui la *Pennine* et la *Chlorite hexagonale*, qui sont régulièrement cristallisées toutes deux dans le système rhomboédrique, et constituent deux espèces bien caractérisées. La pennine est en rhomboèdres aigus, souvent tronqués, profondément au sommet, et qu'on a pris souvent pour des prismes triangulaires; la chlorite est en lames hexagonales. La première, qui jouit au plus haut degré du dichroïsme, se trouve dans des schistes micacés ou chloritiques des environs du Mont-Rose, au pied du Simplon, dans la vallée de Binnen, dans les moraines du glacier de Findelen près de Zermatt. La chlorite hexagonale accompagne le grenat et le pyroxène de la vallée d'Alo en Piémont, et se trouve fréquemment dans les fissures de l'espèce de granit alpin qu'on a nommé protogyne; on la cite aussi dans les Pyrénées. La *Ripidolite*, autre matière analogue, est en cristaux minces, peu déterminables, accolés entre eux et formant des espèces de mamelons flabelliformes; la nature en est aujourd'hui indéterminée. On voit que ces matières ne diffèrent les unes des autres que par l'ordre des silicates magnésiens qu'elles renferment et par les quantités relatives d'hydrate de magnésie; il est impossible dès lors qu'il s'en trouve un grand nombre d'espèces, comme dans les simples silicates, § 313 à 316.

La Gigantolite, ainsi nommée à cause de la grosseur des cristaux, est encore une matière analogue aux précédentes. Elle se trouve en prismes à 12 pans du système rhomboédrique, d'une couleur gris d'acier, dans des gneiss très-micacés de Tammela en Finlande.

Toutes ces matières ont été confondues avec les micas, et aussi avec les talcs cristallisés.

§ 349. Les Terres vertes sont des matières plus ou moins terreuses, n'ayant aucune trace de cristallisation. La nature en est aujourd'hui indéterminée sous le rapport de la quantité des élé-

Digitized by Google

ments; le protoxyde de fer, la magnésie, en font partie, quelquefois la potasse ou la soude. Ces matières se trouvent en rognons plus ou moins volumineux, dans les roches amygdaloïdes, ou quelquefois elles enveloppent d'une couche plus ou moins épaisse les rognons zéolitiques et siliceux. Elles s'y présentent aussi, quoique rarement, sous des formes empruntées aux minéraux cristallisés, surtout au pyroxène. On les trouve encore dans les terrains de sédiment; elles sont abondantes, en petits grains disséminés, dans les sables qui préludent à la craie, ainsi que dans les parties inférieures de ce dépôt qu'on nomme alors *craie chloritée*, § 287. Elles existent à la base des calcaires parisiens, tantôt en petits dépôts sableux entre leurs couches, tantôt disséminés; mais souvent alors elles sont entièrement privées d'alumine et se rapportent aux silicates non alumineux.

Les terres vertes ont été quelquefois employées en peinture, où elles produisent de beaux effets : la plus renommée est la *terre de Vérone*, qui, broyée et lavée, fournit une couleur fort belle et fort recherchée.

§ 350. La Pyrosklérite, substance tendre, vert-pomme ou vert-émeraude, en petite masse à structure cristalline du système rhomboédrique, se trouve à l'île d'Elbe avec la Conichrite qui est une matière compacte formée des mêmes éléments en d'autres proportions.

L'Hysingérite, qui ne renferme que du peroxyde et du protoxyde de fer, offre quelques indices de cristallisation dans les aiguilles dont elle est formée; elle vient du Brésil, où elle accompagne la pyrite magnétique.

La Carpholite, remarquable par la présence du protoxyde de manganèse, est une substance fibreuse jaune-paille qui se trouve dans les granits de Schlakenwald en Bohême, où elle est accompagnée de fluor.

La Pimélite est compacte, d'un vert-émeraude dans les parties pures, ce qu'elle doit au silicate de nickel; elle accompagne le silex chrysoprase de Kosemutz en Silésie.

Silicates et aluminates.

§ 351. Ici la silice seule ne suffit pas pour saturer les autres oxydes, suivant les lois connues, et l'on est obligé de supposer que l'alumine fait elle-même fonction d'acide dans les composés, comme nous l'avons vu dans d'autres cas, § 173, et s'y trouve combinée avec diverses bases. Les aluminates jouent alors le même rôle que les carbonates, sulfates, etc., dans les groupes suivants.

Digitized by Google

Nous ne mentionnerions pas ce groupe, si deux des substances qu'il renferme, la *Chamoisite* et la *Berthiérine*, ne présentaient des minerais de fer exploités. Le premier forme des gîtes dans le calcaire de la montagne de Chamoison dans le Valais, et dans les environs de Quintin en Bretagne; l'autre est mélangé, et souvent en assez grande quantité, dans les minerais de fer en grains de la Champagne, et particulièrement dans ceux de Hayange (Moselle). Ils sont l'un et l'autre en grains, d'un gris verdâtre et d'un noir bleuâtre, et tous deux attirables à l'aimant.

Il n'est pas inutile de citer aussi la Pagodite, matière des petites figures qu'on nomme *magot* et qui nous viennent de la Chine. C'est une substance compacte grasse au toucher, dont il paraît y avoir diverses espèces d'après les analyses; quelques matières analogues se présentent en Europe dans diverses localités.

Silicates et carbonates, sulfates, etc.

§ 352. Il y a encore peu de substances pour lesquelles on soit conduit positivement à admettre la combinaison de différents sels avec des silicates; mais il est probable qu'on en reconnaîtra beaucoup d'autres où l'on regarde encore les matières étrangères aux silicates comme étant à l'état de mélange.

La Cancrinite est une substance rose clair, d'un éclat vitreux dans le sens du clivage et gras dans les autres. Elle se trouve en petites masses clivables sous trois directions qui se coupent sous l'angle de 120°. Sa formule de composition indique une néphéline combinée avec du carbonate de chaux.

La Hauyne, de couleur bleue, cristallisant en dodécaèdres rhomboïdaux, est en petits nids ou en cristaux, disséminée dans les laves, les basaltes, les tufs basaltiques et dans certaines roches trachytiques.

Le *Lazulite* ou *outremer*, d'une nature analogue, mais peut-être avec des proportions différentes, appartient aux terrains granitiques. On le cite en Sibérie, près du lac Baïkal, dans la Petite-Bucharie, au Tibet et dans plusieurs provinces de la Chine. Cette substance est fort recherchée et toujours d'un prix élevé lorsqu'elle est en masse un peu étendue. On l'emploie en placage formé de pièces de rapport, pour des ornements intérieurs de chapelles ou autres objets; on recherche tantôt les variétés de teintes uniformes, tantôt celles qui sont mélangées de partie blanches, et quelquefois les variétés remplies de pyrites inaltérables, § 216, qui, se dessinant en jaune d'or sur le fond bleu, produisent un assez bel effet.

Digitized by Google

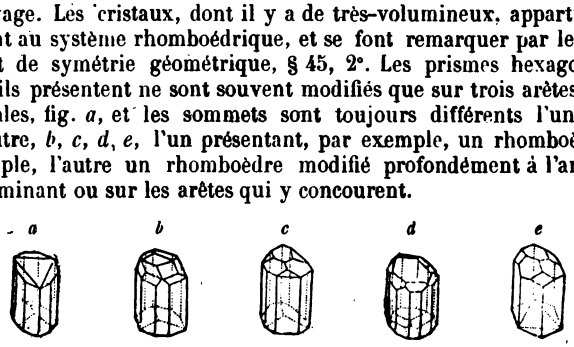
La Sordawalite, de Sordawala, en Finlande, où elle a été observée en petites couches dans des roches argilo-ferrugineuses, est une substance noire, compacte, à cassure rhomboïdale, qui paraît renfermer du phosphate de magnésie; il y a du moins de l'acide phosphorique, sans qu'on sache bien positivement avec quoi il est combiné.

Silicates borifères, fluorifères, chlorurifères et sulfurifères.

§ 353. On ne sait trop jusqu'à présent quel est le rôle que jouent les divers corps étrangers que renferment ces silicates. Les uns pensent que le fluor se trouve combiné avec une partie de la silice, comme nous l'avons admis dans la topaze; les autres, qu'il est uni à l'une des matières alcalines, et que le corps résultant se combine avec les silicates comme les différents sels du groupe précédent. C'est cette dernière manière de voir qu'on admet pour le bore, le chlore et le soufre.

§ 354. Tourmaline.—Cette substance, depuis longtemps connue sous le nom de *schorl électrique*, est une des plus remarquables sous le rapport de la propriété de s'électriser par la chaleur, en prenant l'électricité positive à l'une des extrémités et l'électricité négative à l'autre. C'est encore une des plus caractérisées sous le rapport de la faculté d'éteindre une des deux images produites par la double réfraction; il ne lui faut pour cela qu'une très-faible épaisseur, même dans les variétés assez transparentes.

Cette substance se trouve toujours cristallisée, soit régulièrement, soit en cristaux déformés, tantôt isolés, tantôt groupés en masse bacillaire; la cassure est vitreuse et n'offre aucun indice de clivage. Les cristaux, dont il y a de très-volumineux, appartiennent au système rhomboédrique, et se font remarquer par le défaut de symétrie géométrique, § 45, 2°. Les prismes hexagones qu'ils présentent ne sont souvent modifiés que sur trois arêtes latérales, fig. *a*, et les sommets sont toujours différents l'un de l'autre, *b*, *c*, *d*, *e*, l'un présentant, par exemple, un rhomboèdre simple, l'autre un rhomboèdre modifié profondément à l'angle culminant ou sur les arêtes qui y concourent.



Digitized by Google

La tourmaline raye le quartz, mais elle est rayée par la topaze. Elle est difficilement fusible dans certaines variétés.

Sa composition est très-mal connue; l'acide borique, qui se trouve dans toutes les analyses, y varie depuis un centième jusqu'à neuf unités, sans qu'on sache encore quel rôle il joue dans la composition. Dans certaines variétés, il y a de la lithine, dans les autres de la potasse ou de la soude, quelquefois deux de ces alcalis, et souvent de la chaux, de la magnésie, des oxydes de fer et de manganèse; et le tout sans qu'on puisse établir de formule de composition commune.

Il y a des tourmalines de toutes couleurs : de bleues, de vertes plus ou moins foncées, de rouges et de noires. Les variétés bleues sont nommées *indicolites*, et les rouges *rubellites;* l'une et l'autre renferment de la lithine, et elles sont souvent mélangées dans le même cristal, même par accroissements alternatifs. Les variétés noires ne paraissent renfermer que de la soude et de la potasse, et ce sont celles dans lesquelles on trouve le plus de magnésie.

La tourmaline noire est la plus commune, et se trouve disséminée dans toutes les roches cristallines. C'est aux dépôts de pegmatites qu'appartiennent particulièrement les variétés bleues et vertes, quoique les noires s'y trouvent aussi abondamment. Les dolomies du Saint-Gothard nous en présentent d'un beau vert clair que l'on ne trouve pas même ailleurs. Les débris des roches de cristallisation renferment aussi de grandes quantités de tourmalines, et c'est du milieu d'eux qu'on tire surtout celles qu'on emploie dans la bijouterie; elles nous arrivent toutes taillées du Brésil, quelquefois aussi de Ceylan, où on les recueille dans les ruisseaux en même temps que les corindons et les spinelles.

Ces sortes de pierres sont en général peu estimées dans la joaillerie, et en effet la plupart ne produisent aucun effet, étant presque toujours très-sombres; cependant quelques variétés bleues, vertes et rouges sont assez claires, assez transparentes pour imiter jusqu'à un certain point le saphir, l'émeraude, le rubis, et sont alors assez recherchées. La dernière surtout, lorsqu'elle est d'une belle teinte, exempte de glaces et de fibres, ce qui est très-rare, se vend aussi cher que le rubis lui-même.

§ 355. Axinite. — Cette substance, qui renferme également du bore, est remarquable par ses cristaux tranchants, en forme de hache, ce qui lui a valu son nom, et par sa couleur le plus souvent violette, qu'elle doit au manganèse. C'est une belle substance de collection, surtout dans les variétés qui proviennent de l'Oisan, où elle se trouve dans les fissures des protogynes.

Digitized by Google

§ 356. **Micas divers.**—On a donné depuis longtemps le nom de *mica* (de *micare*, briller) à des matières susceptibles de se diviser en feuillets élastiques aussi minces qu'on peut le désirer, et dont les surfaces sont toujours très-brillantes; mais sous ces caractères peu importants on confond encore un grand nombre de substances très-différentes, comme on y rangeait même, il y a peu de temps, la pennine, la chlorite hexagonale et la ripidolite, qui se distinguent par la présence de l'eau.

Il y a des micas qui n'ont qu'un axe de double réfraction, attractif pour les uns et répulsif pour les autres, § 97. Il en est d'autres, au contraire, où il y a deux axes qui présentent divers degrés d'écartement. Ces caractères, faciles à observer parce que les feuillets sont naturellement perpendiculaires à l'axe, ou à la ligne moyenne des axes, indiquent des différences essentielles de cristallisation, et nécessairement diverses espèces.

La composition n'offre pas moins de différence : certains micas renferment de la lithine, d'autres de la potasse, de la soude et une quantité plus ou moins considérable de magnésie et même de chaux; quelquefois toutes ces bases se trouvent réunies, et de plus, dans le grand nombre d'analyses que nous connaissons, il y a à faire une multitude de divisions et de sous-divisions sous le rapport des quantités relatives. Il y a des micas, qui sont alors noirs ou très-foncés en couleur, où l'on trouve une grande quantité de peroxyde de fer, ou d'oxyde correspondant de manganèse, comme aussi de chrome, qui remplacent, à ce qu'il paraît, l'alumine.

Le fluor, dont on ignore ici le rôle, se trouve aussi en quantité variable, depuis 0 même, à ce qu'il paraît, jusqu'à 80 millièmes; cependant il en existe dans la plupart des analyses et l'on en trouve des indices dans presque tous les essais, § 134, 6°. Il paraîtrait que les micas à un axe sont ceux qui en renferment le moins, et peut-être même pas du tout; de là des formules qu'on a proposées pour les représenter. Ce serait alors la présence d'un fluorure, généralement à base alcaline, qui caractériserait les micas à deux axes.

On voit dans le tableau des espèces, par les formules que nous avons données, que les matières confondues sous le nom de mica diffèrent aussi par l'ordre des silicates qui entrent dans leur composition ; mais les cinq formules que nous avons indiquées sont loin de représenter toutes les analyses dans lesquelles on peut avoir confiance : les écarts des axes optiques conduisent aussi à beaucoup plus de divisions.

Les micas magnésiens sont généralement plus doux au toucher que les autres, et toujours moins élastiques; il paraît se trou-

Digitized by Google

ver parmi eux quelques espèces à un axe, mais la plupart cependant en présentent deux.

Les micas à base de lithine ont été souvent désignés sous le nom de *lépidolite*, parce que les petites masses qu'ils présentent sont en général composées de lamelles très-brillantes, nacrées, blanches, roses, violâtres, verdâtres, qu'on a comparées aux écailles que portent les ailes des papillons.

On trouve assez souvent le mica cristallisé, mais rarement en cristaux nets; il y a de ses formes qui paraissent présenter des prismes hexagones réguliers, d'autres qui sont en prismes rhomboïdaux, presque toujours obliques. Quelquefois les cristaux sont réunis en masses globulaires, qui sont comme composées d'écailles brillantes plus ou moins étendues; ailleurs ce sont des lamelles entremêlées et formant ce qu'on nomme les *chlorites écailleuses*, ou réunies de manière à former des fibres ou des dispositions palmées. Enfin, le mica se trouve quelquefois en grandes feuilles qui ressemblent à du verre à vitres.

Les couleurs des diverses matières appelées micas varient du noir au vert foncé, au vert clair, au brun, au rouge; d'autres offrent des teintes qui vont du blanc au grisâtre, au jaunâtre, au rose, au violet, etc.

Gisement et usage. — Les micas appartiennent essentiellement aux terrains de cristallisation. Ils entrent dans la composition des granits, des gneiss, des micaschistes, des hyalomictes, des leptinites, § 172, 306, 350, et ils forment, par l'accumulation d'une multitude de paillettes disposées à plat, la plupart des schistes argileux; on distingue ces paillettes jusque dans l'ardoise. Ils se trouvent fréquemment en quantités plus ou moins grandes dans les calcaires qui sont enclavés dans les terrains de cristallisation, § 290, 4°. On les trouve encore dans les trachytes, les basaltes, les tufs basaltiques.

Presque toutes les matières sableuses des dépôts de sédiment renferment des paillettes de mica disséminées, qui se distinguent par leur éclat argenté ou doré; ce sont ces paillettes que le vulgaire a prises souvent pour de l'argent ou de l'or; les sables mêmes des derniers dépôts tertiaires en sont remplis dans certains points, et pour ainsi dire formés.

Le mica est de peu d'usage; on emploie les grandes feuilles comme verre à vitres sur les bâtiments de la marine russe, et il s'en fait sous ce rapport une grande exploitation en Sibérie. Du reste, c'est le mica, et particulièrement la variété nommée lépidolite, qui forme les poudres brillantes, argentées, dorées, rosâtres, dont on se sert pour sécher l'écriture.

Digitized by Google

§ 357. Sodalite. — Ici c'est le chlore qui entre dans la composition, et l'analyse conduit à concevoir que le chlorure de sodium se trouve combiné à la néphéline comme le carbonate de chaux dans la cancrinite. La sodalite est une substance blanche, quelquefois colorée en bleu, cristallisant en dodécaèdre rhomboïdal; elle se trouve dans les cavités des blocs de dolomie de la Somma, et paraît faire partie constituante des laves du Vésuve. On la cite en couches épaisses au Groenland au milieu des micaschistes.

§ 358. La Pyrosmalite et l'Helvine sont des substances fort rares, mais remarquables par leur composition. La première, en prisme oblique rhomboïdal, renferme dans sa composition 14 pour 100 de chlorure de fer. Elle provient des minerais de fer magnétique de Bjelke près de Nordmark en Vermeland. La seconde, en tétraèdre, de couleur jaune, renferme 15 pour 100 de sulfure de manganèse, combiné avec un silicate de manganèse, de glucyne, etc. Elle a été trouvée près de Schwarzenberg en Saxe, dans une gangue chloritique qui traverse le gneiss, et accompagnée de blende, de fluor, etc.

FIN DE LA MINÉRALOGIE.

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE

DE LA MINÉRALOGIE.

A

Accroissements des corps bruts. Page 5. — des cristaux de diverses formes. 58. Structure d'accroissement. 61.
Acerdèse. 124, 161.
Acides divers, leurs caractères. 95 à 97. Acide arsénique et ses combinaisons. 126, 171. — carbonique. 228. — borique. 159, 244. — chlorhydrique. 196. — molybdique et ses combinaisons. 124, 163. — phosphorique et ses combinaisons. 127, 172. — succinique, 223. — sulfurique et ses combinaisons. 134, 187.
Acier natif. 155. — Mine d'acier. 240.
Actinote. 139, 260.
Æschinite. 124.
Agate (voyez Calcédoine). 247.
Agglutination (forme d'). 52.
Aigue-marine. 267.
Aimant. 124, 159.
Albâtre calcaire. 238. — gypseux. 191.
Albite. 142, 271.
Alcalis, comment on reconnaît leur présence. 99. — Alcali minéral. 243.
Allophane. 141, 266.
Almandine. 140, 268.
Alquifoux. 179.
Alumine, comment on reconnaît sa présence. 96, 99. — ses combinaisons. 125, 138, 140 à 143, 153. 192, 263.
Aluminates divers. 125, 142, 280.
Alun, alun de plume. 135, 193.
Alunite. 192. — Matières alunifères. 219.
Alunogène. 134, 193.
Amalgame. 124.
Amas, définition. 145.
Amblygonite. 129.
Ambre jaune. 225.
Améthyste. 247.
Amiante, à quoi tient sa souplesse. 60. — Sa nature. 261.
Amiantoïde. 269.
Ammoniaque, moyen de reconnaître sa présence. 100. — sa nature. 136. (Voyez Sel ammoniac.)
Amphibole. 138, 260.
Amphigène. 142.
Analcime. 143, 278.
Analyse des minéraux. 101. — Comparaison des analyses. 105. — Transformations atomiques. 107. — leur discussion. 112.
Anatase. 125, 164.
Andalousite. 140.
Andésine. 142, 272.
Anglarite. 129.
Angles des cristaux. 8. — Angle de polarisation. 73.
Anglésite. 134, 188
Anhydrite. 189.
Anneaux colorés des substances biréfringentes. 69. — leurs diamètres. 71.
Anortite. 142.
Anthophyllite. 139.
Anthosidérite. 140.
Anthracite. 214.
Antigorite. 139.
Antimoine, comment on reconnaît sa présence. 94, 97, 98. — ses combinaisons. 126, 133. — leurs caractères. 167, 184.
Apatite. 127, 172.
Aphanèse. 128.
Aphérèse. 129.
Aphrodite. 138.
Aphthalose. 134.
Apreté de certains minéraux. 87.
Aragonite, ses groupements. 41. — fournit un exemple de dimorphisme. 38. — Ses caractères. 137, 231, 239.
Argent, moyen de reconnaître sa présence. 98. — comment il se trouve dans la nature. 148. — ses combinaisons avec le mercure, l'antimoine, l'arsenic, le chlore, le soufre, le sélénium. 124, 126, 130, 133, 134, 177, 185, 197, 200.
Argent corné. 197.
Argent rouge. 185.
Argiles, salifères. 198. — diverses. 138, 265.

Digitized by Google

Argyrithrose, Argyrose. 131, 135, 177, 185.
Arquérite. 124.
Arséniates divers. 128, 171.
Arsenic, moyen de reconnaître sa présence. 94, 96. — ses combinaisons. 126. — comment il se trouve dans la nature. 168.
Arséniures divers. 126, 168.
Asbeste, sa structure. 60. — sa nature. 261.
Asphalte. 221.
Astérie, astérisme dans certains cristaux. 75.
Atakamite. 154, 200.
Atomes, système atomique. 106.
Augite (pyroxène). 159, 258.
Aventurine. 252.
Axes, d'élasticité. 82. — de conductibilité. 85. — de réfraction. 68, 70.
Axinite. 143, 285.
Azotates, comment on les reconnaît. 95, 97. — leurs espèces naturelles. 136, 208.
Azur de cobalt. 169.
Azurite. 137, 242.

B

Bardiglio. 191.
Baryte, moyen de reconnaître sa présence. 99. — ses combinaisons. 134, 137, 188.
Barytine. 131, 188.
Baryto-calcite. 137, 244.
Bas-relief de St-Philippe, etc. 53.
Basalte, ce que c'est. 152, 259. 275.
Basicérine. 135.
Baume de momie. 223.
Bayerine. 124.
Béril. 267.
Berthiérine et Berthiérite. 133, 142, 281.
Berzeline. 131, 195.
Bismuth, ce qui fait découvrir sa présence. 94. 98. — ses combinaisons. 126, 131, 152, 167.
Bitume, matières huileuses données à la distillation. 221. — élastique. 224.
Blattererz. 132.
Blende. 131, 179.
Bleu de montagne. 242. — de Prusse natif. 173. — Thénaril. 169.
Bois altérés. 227. — bitumineux. 220. — pétrifiés. 54.
Bombes volcaniques. 51.
Boracite, son défaut de symétrie. 55. — son électricité. 86. — sa composition, ses caractères. 139, 245.
Borates, comment on les reconnaît. 95. — leur nombre. 139. — leurs caractères. 245.
Borax. 199, 245.
Bornine. 152.
Boro-silicates. 139, 245.
Botryolite, 159. 245.
Bournonite. 155, 186.
Braunite. 124, 162.
Brewstérite. 145, 278.
Brillant, taille de diamant. 212.
Brochantite. 154.
Brockite. 125.
Brome, indice de sa présence. 95, 97. — ses combinaisons. 134.
Bromures. 134, 200.
Bronzite. 139.

C

Cadmies. 180.
Cadmium, indice de sa présence. 97. — son sulfure. 180.
Cailloux roulés. 54.
Calamine. 138, 241, 262.
Calcaire, de diverses époques de formation. 156. — ses caractères, ses variétés. 136, 231.
Calcédoine. 138, 217 250.
Calcul des analyses. 112.
Calédonite. 137, 244.
Calomel. 134, 200.
Camées agate. 253.
Cancrinite. 142, 281.
Caoutchouc fossile. 224.
Caractères des corps bruts. 2. — des différents groupes cristallins. 21. — optiques. 63. — électriques. 85. — chimiques. 89. — des diverses espèces minérales. 124, 144.
Carbocérine. 137.
Carbonates, comment on les reconnaît. 95. — leur nombre. 136, 230. — Carbonate de chaux. 231. — de cuivre. 242. — de fer. 240.
Carbone, indice de sa présence. 97. — ses divers états. 137. — caractères des espèces. 210.
Carbures. 137.
Carnatite. 142, 272.
Carpholite. 241, 280.
Cassitérite. 125. 165.
Cassure, ses diverses formes. 62. (Voyez Structure. 55.)
Causes des variations des formes. 38.
Célestine. 134, 188.
Cendres noires et rouges. 221.
Cendres bleues et vertes. 242.
Cercle parhélique dans les minéraux. 76.
Cérérite. 138, 263.
Cérine. 263.
Cérium, ses caractères. 101. — ses combinaisons. 133, 136, 138, 263.
Céruse (son analyse). 103. — ses caractères. 137. 231, 244.
Chabasie. 145, 278.
Chaleur et froid au contact des minéraux. 86.

Digitized by Google

Chalkolite. 151, 175.
Chalkopyrite, Chalkosine. 131, 153, 183.
Chalumeau, son emploi 91.
Chamois te. 142, 281.
Charbon de terre. 215.
Chaux, son indice. 99.— carbonatée. 231. — fluatée. 201. — sulfatée. 189.
Chaux grasse, maigre, hydraulique. 235.
Chlore, indices de sa présence. 94. 97.— ses combinaisons. 134, 197.
Chlorites. 145. 179.
Chlorures. 134, 197.
Choc du briquet. 83.
Chrichtonite. 125, 165.
Chromates et chromites. 96, 125, 162, 198.
Chrome, indices de sa présence. 98.— ses composés. 125, 162.
Chrysocolle. 158.
Chrysolite orientale ou cimophane. 125, 153. — des volcans. 254.
Chrysoprase. 253.
Chrysotile. 159.
Cinabre. 131, 180.
Cire fossile ozocérite. 224.
Classification, théorie générale. 117. — Espèces, genres, familles. 119 à 121.
Clausthalie. 131, 194.
Clivage, ses diverses espèces. 55.
Cobalt, indices de sa présence. 98. — ses arséniures, arséniates, sulfates. 126, 128, 131, 168, 170, 193.
Cobaltine ou cobalt gris. 126, 170.
Cobaltine, sulfure de cobalt. 131.
Coke. 219.
Collyrite. 141.
Colombite. 124
Colorados, matière argentifère. 149, 197, 200.
Comparaison des analyses. 105.
Composition chimique des minéraux. 89.
Condrodite. 135.
Condurite. 130.
Conichrite. 141.
Coquimbite. 134.
Coralloïdes (Formes). 49
Cordiérite. 142.
Corindon. 125, 151.
Cornaline, sa couleur. 78. (Voyez Calcédoine. 247.)
Corps vivants et corps bruts. 1. — Corps simples. 1. — Comment se forment les corps bruts. 5. — Corps bruts métalliques natifs. 89. — électro-positifs et électro-négatifs 90. — Classification des corps bruts. 118.
Couches, amas, filons, leur définition. 145.
Couleurs dans les minéraux. 77.
Couperose (voyez Sulfates de fer ou de cuivre. 154, 195)
Craie, sa position dans la série des dépôts sédimentaires. 156, 252. 234.
Couronnes dans les minéraux. 76.
Craie chloritée. 232, 280. — Craie de Briançon. 255.
Crayons de mine de plomb. 213. — rouges. 157.
Cristal de roche (voyez Quartz). 246.
Cristallisation, comment elle se fait. 7. — moyens de la faire varier. 38. — (Systèmes de). 21 — Etude des cristaux. 8 à 47.
Cristallographie, faits fondamentaux. 12. — Modification des formes. 13. — Formes primitives et secondaires. 55. 57.
Cristaux, définitions. 7. — mesure des angles. 8. — sont des polyèdres géométriques. 11. — leurs modifications. 12. — leurs réunions en groupes, ou systèmes, 21. — Lois de symétrie. 35. — Causes de leurs variations. 38. — leurs groupements. 40.—transpositions et hémitropies. 43. — leurs oblitérations. 45. — leurs clivages. 55. — Cristaux secondaires, leurs lois. 57.—A un axe ou deux axes de réfraction 68 —attractifs ou répulsifs. 72. — leurs axes d'élasticité. 82. — de conductibilité. 85.
Crocoïse. 125, 165.
Croisette (voyez Staurotide). 42.
Cryolite. 135, 202.
Cube, son système de cristallisation. 21.
Cuivre, indices de sa présence. 98. — natif, 150. — pyriteux et vitreux. 183. — gris (panabase). 133, 186. — jaune. 180. — (Arséniate de). 128, 171. — (Carbonate de). 136, 212. — (Phosphate de). 129, 173. — ses oxydes. 124. — séléniures, sulfures, chlorures. 131 à 134. 183, 195, 200.
Cyanite ou Disthène. 140, 264.
Cyanose. 134.
Cymolite. 140.
Cymophane. 125, 153.
Cyprine (voyez Idocrase). 269.

D

Datholite. 139, 245.
Décroissement, hypothèse relative aux formes secondaires. 56.
Déliquescence. 88.
Delvaulxine. 139.
Dendrites, formes et structures dendritiques. 49, 60.
Dermatine. 138.
Destruction des corps bruts. 4.
Diallage. 139. 257.
Diallagite. 136. 230.
Diamant, sa dureté. 82. — son angle de polarisation. 73. — son indice de réfraction 64. — ses caractères, son gisement. 210.
Diaspore. 125.

Digitized by Google

Dichroïsme. 74.
Dimorphisme. 57.
Diopside. 139, 259.
Dioptase. 138.
Diorite (Roche). 261.
Dipyre 142.
Discrase. 126. 167.
Discussion des analyses. 105.
Disomose. 126, 170.
Disthène. 140, 264.
Dodécaèdre rhomboïdal. 14. — bipyramidal. 20. — pentagonal. 36.
Dolérite (Roche). 259, 275.
Dolomie. 136, 230, 239.
Dorure 148.
Double réfraction 66.
Dureté. 85.

E

Eau, indices de sa présence dans les corps. 94. — sa composition. 136. — sa manière d'être. 204.—Eaux minérales. 177, 194, 207, 229, 244.
Eau de Seltz. 229.
Éclat des minéraux. 74.
Ecume de mer (magnésite) 256.
Edelforse. 158.
Efflorescence. 88.
Egrisée, poussière de diamant. 211.
Elasmose. 132.
Elasticité. 81.
Elatérite (bitume élastique). 121.
Electricité, 85. — Electroscope. 86.
Eléments, leur nombre. 1.
Emeraude orientale (voyez Corindon). 125, 151. — Emeraude. 140, 267.
Emeri ou Emeril. 152.
Enonciation des analyses. 105.
Epidote, genre des minéraux. 140, 269.
Epigénie. 54.
Epsomite. 134, 194.
Equivalents chimiques. 105.
Erinite. 128.
Erytrine. 128, 171.
Escarboucle. 268.
Espèces minérales. 119. — ses variétés, métis. 123.
Essais chimiques des minéraux. 90.
Etain, indices de sa présence. 98. — Ses minerais. 125, 165.
Euclase. 140.
Euchairite. 133, 174, 195.
Euchroïte. 128.
Eudyalite. 139.
Euphotide (Roche). 258.
Exanthalose. 134.
Existence indélinie des corps bruts. 4.

F

Faculté conductrice des minéraux. 84.
Familles minéralogiques. 121.
Fassaite. 259.
Felbol. 140.
Federerz. 133.
Feldspath, genre de minéraux. 142, 270. — vitreux. 275.
Fer, indices de sa présence. 99. — natif ou météorique. 154. — oligiste. 124, 155. — oxydulé ou magnétique. 159. — hydraté et en grains. 157. — ses divers oxydes. 124. — (Arséniate de). 128, 171. — (Chromite de). 125, 162. — (Phosphate de). 129, 172. — (Carbonate de). 136, 240. — (Sulfure de). — 131, 181. — (Sulfate de). 134, 195. — carbure (voyez Graphite). 213. — spathique. 240. — Berthiérite et Chamoisite. 142. 281.
Ferrates divers. 124.
Feu d'oxydation et de réduction. 91. — grisou. 225 — naturel. 225.
Filets capillaires, leur production. 51.
Filons, définition. 145.
Flucérine. 135.
Fluor, indices de sa présence. 95, 97. — ses combinaisons. 135, 201.
Fluorine, son indice de réfraction. 64. — son angle de polarisation. 73. — sa phosphorescence. 80. — ses caractères, son gisement. 135, 201.
Fontaines ardentes. 225.
Forêts sous-marines. 227.
Forme, n'est pas essentielle aux corps bruts. 2. — Formes régulières ou cristallines. 8.—primitives et secondaires. 33, 57. — Lois de symétrie. 33 — Causes des variations des formes. 58. — Isomorphisme. 37.—Formes oblitérées. 45. — irrégulières. 47 à 55.
Formules atomiques. 108.
Fours à cristaux. 250.
Franklinite. 124.
Froid des minéraux. 86.
Fulgurite. 247.
Fumarolles. 208.

G

Gabronite. 142.
Gadolinite. 138, 263.
Galmite. 125, 153.
Galène. 151, 178.
Gallitzinite. 154.
Gay-Lussite 137.
Gaz, acide carbonique. 228. — sulfureux. 187. — hydrogène simple, carboné, sulfuré. 156, 137, 177, 203.
Genres minéralogiques. 120.

Digitized by Google

Géodes, 51.
Géokronite, 135.
Gigantolite, 141.
Giobertite. 136, 230, 244.
Girasol. 254.
Glaciers et glacières. 204.
Glaubérite. 135.
Glucine, indice de sa présence. 100. (Voyez Emeraude, Euclase, Phénakite.)
Gneiss, définitions. 152, 274.
Gothite. 124.
Goniomètres divers. 8.
Goudron minéral. 221.
Granit, définition. 152. — Composition. 274. — orbiculaire. 276.
Graphite. 213.
Gravure sur verre. 202.
Grenaillement des matières minérales. 51.
Grenat (genre de minéraux). Exemple de mélange, 115. — caractère, gisement. 268.
Grès cristallisé. 52. — de diverses sortes. 156.
Grisou et feu grisou. 225.
Grossulaire. 140, 268.
Groupes cristallins. 21.
Groupements des cristaux réguliers et irréguliers. 40 à 47.
Guano. 156, 229.
Gypse. 154, 189.

H

Haidingérite. 133.
Halloysite. 141.
Happement à la langue. 87.
Harmotome. 145, 278.
Hatchetine. 224.
Hausmannite. 124.
Hauyne. 142, 281.
Hédenbergite. 159, 259.
Hématite rouge et brune. 156, 158.
Hémitropie et transposition. 43.
Herborisation ou dendrites. 49.
Herschelite. 143.
Hétérosite. 129.
Heulandite. 145, 278.
Hisingérite. 143, 280.
Huile de gabian ou pétrole. 225.
Huile de schiste. 219.
Hureaulite. 129.
Hyacinthe. 269.
Hyalomicte (Roche). 250.
Hydrates, comment on les reconnaît. 94.
Hydrogène. 203. — carboné. 225. — sulfuré. 177.
Hydrophane. 249.
Hydrophyte. 139.
Hypérite (Roche). 275.
Hypersthène. 159.

I

Icosaèdre naturel. 37.
Idocrase. 140, 269.
Ilvaïte. 140.
Incrustation. 53.
Indices de réfraction. 64.
Indicolite. 280.
Individu minéralogique. 119.
Inflammation des houillères. 219.
Iode, indices de sa présence, 95, 97.
Iodures divers. 155, 200.
Iridium mélangé avec le minerai de platine. 146.
Iridosmine. 126.
Iris intérieur et superficiel. 78.
Isomorphisme. 37. — éclairé par les formules atomiques. 111.
Isopyre. 142.

J

Jais (voyez Javet). 221.
Jamesonite. 133.
Jaspe. 248. — Jaspe-opale. 249.
Jaune de chrome. 165.
Jayet. 221.
Junckérite. 137.

K

Kaolin. 140, 277.
Karat, poids pour la vente du diamant. 211.
Karsténite. 134, 189.
Kérargyre. 134, 197.
Kérasine. 134, 200.
Kermès minéral. 150, 167.
Kieselmangan. 138.
Klaprothine. 129.

L

Labradorite, ses iris. 79. — ses caractères. 142, 275. — Base des laves. 275.
Lacs salés. 199.
Laiton. 180.
Lampe de sûreté. 226.
Lanarkite. 137.
Lapis-lazuli (voyez Outremer). 281.
Laumonite. 145, 278.
Laves. 157.
Lazulite. 281.
Leadhillite. 137, 244.
Leberkiese. 133, 182.
Lenzinite. 140.
Lépidolite. 285.
Ligne neutre de réfraction. 68.
Lignite. 220.
Limonite. 124, 157.

Digitized by Google

Liroconite. 128.
Lithine, indice de sa présence. 100. — matière dont on la retire. 272.
Lœlite. 140.
Lois de symétrie. 33. — de cristallisation. 58. — de combinaison. 105, 110.
Ludus Helmontii. 55.

M

Macles (voyez Transposition et Hémitropie). 40, 43.
Macle de Bretagne. 46.
Magnésie, indices de sa présence. 99. — (Carbonate de). 156, 250, 244. — (Sulfate de). 134, 194.
Magnésite. 158, 256.
Magnétisme. 87.
Maillechort. 170.
Malachite. 136, 242.
Malthe. 137.
Mamelons ou configuration mamelonnée. 48.
Manganates divers. 124.
Manganèse, indice de sa présence. 98 — ses oxydes. 124, 160. — (Phosphate de). 129, 173. — (silicates de). 138.
Marbre ruiniforme. 78. — marbre de Bergame. 191. — diverses espèces de marbres. 236.
Marbres durs. 236, 275.
Marcassite (voyez Pyrite). 181.
Marécanite. 276.
Margarite. 142.
Marmatite. 133.
Marne (Analyse de). 102. — variétés et emploi. 232, 238.
Meïonite. 140.
Mélange de divers composés, leur discussion. 112.
Mélanite. 140, 268.
Melanochroïte. 125.
Mélaphyre, porphyre à base de labradorite. 259, 275.
Mélinose. 124, 163.
Ménilite. 251.
Mer de glace. 205.
Mercure, indice de sa présence. 94, 98. — ses combinaisons. 124, 131, 134, 180, 200. — son gisement. 149, 181.
Mésotype. 143. 278.
Mesure des cristaux. 8.
Métaux natifs. 89, 144.
Méthode naturelle. 117.
Métis minéralogiques. 123.
Micas, action sur la lumière. 71. — nature. 143, 284.
Micaschiste, définition. 152, 250.
Miloschine. 141.
Mimétèse. 126. 171.
Minéraux, définition. 5. — leurs propriétés physiques. 7. — leur composition. 89. — leur essai chimique. 94. — leur analyse. 101. — leur classification. 117. — description des espèces. 144.
Mine de plomb (voyez Graphite). 213.
Mine de... minerai de... (voyez le nom du métal).
Mine de marais (Limonite). 158.
Minium. 101, 125.
Miroir des Incas (voyez Pyrite). 182. — d'âne (voyez Gypse). 191.
Mispikel. 126, 170.
Modification des cristaux. 12.
Mofète et Molfette. 229.
Molybdène, indice de sa présence. 98. — son sulfure. 131, 183. — combinaison de son acide. 124, 163.
Momie. 223.
Monradite. 138.
Mortier. 235.
Moulage (Formes par). 53.
Mullerine. 132, 196.
Mullicite. 129.
Muriacite. 189.
Myargyrite. 133, 185.
Mysorine. 156, 242.

N

Naphte, 224.
Natifs (Corps). 89.
Natron. 136, 245.
Neiges éternelles. 204.
Némalite. 139.
Néphéline. 142.
Nickel, indice de sa présence. 98. — (Arséniure de). 126, 169. — (Arséniate de). 128. — silicate. 280.
Nickeline. 126.
Nickelocre. 128.
Nitrates (voyez Azotates). 208.
Nitre cubique. 209.
Nontronite. 140.
Noyau, ou forme primitive des cristaux. 56.

O

Oblitération des cristaux. 45.
Obsidiennes. 276.
Ochrane. 141.
Ocre rouge et jaune, 157, 158.
Octaèdres de diverses espèces. 13 à 29. — octaèdre régulier. 23. — à base carrée. 25. — à base rectangulaire et rhomboïdale. 27.
Odeur et saveur. 87
Œil-de-chat (quartz). 252. — action sur la lumière. 75.
Oligiste, ou Fer oligiste. 124, 155.
Oligoclase. 142, 272, 275.
Olivenite. 128.
Olivine, ou Péridot. 158, 254.

Digitized by Google

Onctuosité de certains minérnux. 87.
Onyx. 248, 253.
Opale, ses couleurs, 79. — ses caractères. 139, 249, 251. — son emploi. 253.
Opsimose. 138.
Or et ses usages. 147. — or blanc ou platine. 144. et tellure aurifère. 196.— or graphique. 196.
Origine des corps bruts. 2, 5.
Orpailleurs. 148.
Orpiment. 131, 171, 186.
Orpin. 187.
Orthose. 142, 270. — ses roches. 274.
Osmium, indice de sa présence. 97. — sa combinaison avec l'iridium. 126.
Outremer de cobalt. 169. — naturel. 281.
Oxydes, leurs caractères chimiques. 94 à 101. — Oxyde d'étain. 125, 165. — de fer. 124, 155. — de manganèse. 124, 160.
Ozocérite et Ozokérite. 224.

P

Pacos et Colorados, matières argentifères. 149, 197, 200.
Pagodite. 142.
Palladium. 100, 145.
Panabase. 133, 186.
Paraffine. 224.
Parallélipipèdes naturels de diverses espèces. 15 à 50.
Pegmatite (Roche). 250.
Pennine. 143, 279.
Péridot. 138, 254.
Perlite. 276.
Peroxyde de fer. 124, 155. — de manganèse. 124, 160.
Perowskite. 125.
Pesanteur spécifique. 85.
Pétalite. 142, 272.
Pétrification. 53, 54.
Pétrole. 224.
Pharmacolite. 128, 171.
Pharmacosidérite. 128, 171.
Phénakite. 138.
Phillipsite. 153.
Pholerite. 140.
Phosphates, leurs caractères. 96. — leurs espèces. 127, 172.
Phosphorescence. 79.
Photizite. 158.
Picnite. 135, 205.
Pikrophile. 138.
Pikrosmine. 158
Pierre d'aigle. 51, 158. — d'aimant. 159. d'alun. 192. — des amazones. 275. — d'arquebuse. 182. — calcaire. 234. — à fusil. 253. — gélive. 253. — à jésus. 191. — de Labrador, ses couleurs. 79. sa nature. 273. — lithographique. 63, 238. — à plâtre. 191. — à détacher. 266. — de lune, de soleil. 275. — ponce. 276. — météorique. 154. — meulière. 248, 251, 253.
Pimélite. 143, 280.
Pince à tourmaline. 66.
Pissolites, leurs formations. 50. — de fer. 158. — de calcaire. 231.
Pisasphalte. 221.
Pittizite. 134, 194.
Plagionite. 133.
Platine. 144. — ses usages. 146.
Pléonaste. 153.
Plomb, indice de sa présence. 99. — (Arséniate de). 126, 171. — Molybdate de). 124, 162. — (Phosphate de). 127, 172. — (Chlorure de). 134, 200. — séléniure. 131, 194. — sulfate. 134, 188. — sulfure. 131, 178.
Plomb blanc (voyez Céruse).
Plomb jaune (voyez Mélinose). 160.
Plombagine ou Graphite. 215.
Plomb-gomme. 125.
Poches à cristaux. 250.
Poids atomiques. 106, 116.
Poids spécifiques. 80.
Poix minérale. 221.
Polarisation, ce que c'est. 67. — (Angle de). 73.
Polariscope d'Amici. 70. — de Soleil. 71.
Polybasite. 133, 186.
Polychroïsme. 74.
Polyhalite. 135.
Polymignite. 125.
Ponce, sa structure. 62. — sa nature. 276.
Porcellanite. 219.
Porphyre. 274. — orbiculaire. 276.
Potasse, indices de sa présence. 99. — ses sels divers. 194, 200, 208.
Prime d'émeraude. 202.
Prismes de diverses espèces. 15 à 51. — Prisme carré. 24. — rectangulaire et rhomboïdal. 26. — oblique. 28. — hexagone régulier. 30. — Groupements de prismes. 11.
Protogyne, sorte de granit. 250.
Proustite. 133, 186.
Psaturose. 133. 185.
Psilomélane. 124, 162.
Puits absorbants. 205.
Puits artésiens. 206.
Pyramides de diverses espèces. 16, 20.
Pyrite. 131, 181. — blanche. 181. — de cuivre. 133, 185. — magnétique. 182.
Pyrochlore. 124.
Pyrolusite. 124, 160.
Pyrosklérite. 141.
Pyroxène. 159, 158.

Q

Quartz ou cristal de roche, exemple de système rhomboédrique. 53. — cou-

Digitized by Google

ches d'accroissement. 59. — sa cassure conique et conchoïdale. 63. — sa compacité. 61. — son indice de réfraction. 64. — sa double réfraction. 66, 68, 72. — son angle de polarisation. 73. — ses caractères. 246. — son gisement. 249. — ses usages. 252.
Quartz haché. 62.

R

Réalgar. 131, 171, 186.
Réfraction simple et double. 63, 66.
Rétinasphalte. 223.
Rétinite. 279.
Retrait, formes et structures qu'il produit. 55, 61.
Rhodhalose. 154.
Rhodium. 145.
Rhodonite. 138.
Rhomboèdre et rhomboïdes. 32.
Ripidolite. 143, 279.
Rognons cristallins. 48. — compactes. 51.
Romeïte. 150.
Rose, taille du diamant. 212.
Rouge de Prusse. 157.
Rubellite. 283.
Rubis, corindon rouge. 151.
Rubis balais. 153.
Rutile. 125, 164.
Ryakolite. 142, 273.

S

Safre, préparation de cobalt. 169.
Salmare. 134, 197.
Salmiac. 134, 200.
Salpêtre. 136, 208.
Sanguine. 157.
Saphir, corindon. 125, 152.
Saphirine. 142.
Sassoline (acide borique). 244.
Saveur. 87.
Schéelite, schéelitine. 124, 164.
Schéelin calcaire, ferruginé. 124, 164.
Schérerite. 224.
Schiste alumineux. 195. — argileux et micacé. 152. — bitumineux. 216. — cuivreux. 184. — Structure schisteuse. 60.
Scolézite. 143, 278.
Scorodite. 128.
Sel ammoniac. 200, 219. — d'Epsom. 194. — gemme ou sel marin, son indice de réfraction 64. — ses caractères. 154, 197.
Sélénite. 189.
Sélénium, indice de sa présence. 94, 96.
Séléniures divers. 131, 194.
Serpentine. 139, 256.
Sévérite. 140.
Sidérétine. 117, 128.
Sidérochrome. 125, 162.
Sidérose. 136, 230, 240.
Siénite (Roche). 274.
Signes atomiques. 108. — chimiques et minéralogiques. 110.
Signes cristallographiques. 58.
Silex ou calcédoine. 247. — carié et nectique. 248.
Silicates, leurs caractères chimiques. 95. — leurs espèces. 138, 254.
Silice, ses caractères. 96. — ses variétés. 246.
Smalt, verre de cobalt. 169.
Smaltine. 126. 168.
Smithsonite. 136, 241.
Sodalite, 145. 282.
Solides réguliers ou cristaux. 7, 13.
Sordawalite. 142.
Soude, indice de sa présence. 100. — ses sels. 194, 197, 209, 243.
Soufflards ou fumarolles. 208.
Soufre, indice de réfraction. 64. — angle de polarisation. 73. — indice de sa présence. 94. — ses variétés. 174. — ses combinaisons. 151. 176.
Sources. 207. — salifères. 196.
Spadaïte. 139.
Spath calcaire. 231. — fluor. 201.
Spath d'Islande, sa double réfraction. 66.
Sperkise. 131, 181.
Spessartine. 140, 268.
Sphène, 125, 164.
Sphérolite. 276.
Spinelle. 125, 153.
Spodumène (voyez Oligoclase et Triphane). 142. 272. 275.
Stalactites 3. 50.
Stannine. 133.
Staurotide. 140. 264.
Stéatite. 138, 253.
Stibine. 131, 174.
Stilbite. 145, 278.
Stipite. 217.
Strass, imitation du diamant. 212.
Stromeyerine. 133.
Stromnite. 137, 244.
Strontiane, indice de sa présence. 99. — ses combinaisons. 138, 231, 244.
Strontianite. 137, 231, 244.
Structure, régulière. 55. — irrégulière, 59. — schisteuse. 60.
Succin. 225.
Suif fossile. 224.
Sulfates, comment on les reconnaît. 93. — leurs espèces. 134, 187 à 194.
Sulfures, comment on les reconnaît. 94. — leurs espèces. 131, 176.
Sylvane. 132, 196.
Sylvine. 134 et 200.
Symétrie des modifications. 33.
Système atomique. 106.
Systèmes de cristallisation. 32. — leurs variations. 39.

Digitized by Google

T

Table des poids atomiques. 116.
Tableau des espèces. 124.
Tables cristallines. 45.
Talc. 138, 254.
Tantale et tantalates, leurs caractères. 96. — leurs espèces. 124, 164.
Tellure, caractères. 94, 96. — natif et ses combinaisons. 150, 195.
Température, son influence sur la cristallisation. 38. — sur les systèmes de cristallisation. 40.
Tennantite. 133.
Terrains de cristallisation et de sédiment. 144. — leurs divisions. 156.
Terre d'Italie, terre d'Ombre, terre de Sienne. 159. — de Cologne. 227 — à foulon. 265. — à porcelaine. 277. — de Vérone et terre verte. 280. — de pipe. 265.
Terres fortes, terres franches. 265.
Tétraèdre, ses modifications. 13. — régulier. 23.
Thallite. 140, 269.
Théorie atomique. 106.
Thénardite. 134. 194.
Thomsonite. 145, 278.
Thorine, ses caractères. 100. — substance qui la renferme. 263.
Thorite. 139, 263.
Titane, titanates. 96, 125, 164.
Topaze orientale (voyez Corindon). 151, et Cymophane. 153.
Topaze, son indice de réfraction. 64. — son angle de polarisation. 73. — sa composition. 135. — ses caractères. 202. — Topaze brûlée. 205.
Tourbe. 227.
Tourmaline, ses défauts de symétrie. 36. — son électricité. 86. — ses caractères. 143, 282.
Trachytes. 157, 275.
Transformation atomique des analyses. 107. — Transformation des signes minéralogiques en signes chimiques. 111.
Transposition et Hémitropie. 43.
Trapézoèdre. 13.
Trémies, leur production. 47.
Trémolite. 139, 266.
Tribus minéralogiques. 120.
Triphane. 142, 272.
Triphylline. 129.
Triplite. 129, 173.
Tripoli des houillères enflammées. 219.
Tuf calcaire. 253. — d'opale. 249, 252.
Tungstène et tungstates. 96, 124, 164.
Turquoise. 173.

U

Urane, indice de sa présence. 101. — ses combinaisons. 124, 163.
Uranite. 131, 175.
Urao. 136, 245.
Uwarovite. 140.

V

Vanadium, caractères de son acide. 96.
Variations des formes cristallines. 38.
Variétés de l'espèce minérale. 125.
Variolite. 274.
Vases murrhins. 202.
Vauquelinite. 125, 163.
Végétaux fossiles du terrain houiller. 217.
Vermillon. 180.
Verre capillaire de Bourbon. 51.
Verre trempé. 67.
Vert de montagne. 242.
Vert de Schéele. 171.
Villarsite. 158.
Vivianite. 129.
Volcan de boue. 225.

W

Wagnerite. 127.
Wawelite. 131.
Webstérite. 134, 195.
Wernérite. 142.
Withérite. 137, 231, 244.
Willelmine. 138.
Wolchonskite. 141.
Wolfram. 124, 164.
Wollastonite. 138.

Y

Ypoleime. 129.
Yttria, caractères. 101. — substances qui la renferment. 263.
Yttrocérite. 135.
Yttrotantale. 124.

Z

Zéolites. 278.
Zinc, indice de sa présence. 98. — carbonaté. 136, 241. — sulfaté. 134, 195. — sulfuré. 131, 179. — (Silicate de). 138, 262.
Zinconise. 137, 242.
Zinkénite. 133.
Zircon, son indice de réfraction. 64. — son angle de polarisation. 73. — ses caractères. 138. — ses usages. 262.
Zircone, ses caractères. 101. — substances qui la renferment. 125, 138, 139, 262.
Zoïsite. 140, 269.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

Digitized by Google

Digitized by Google

COURS ÉLÉMENTAIRE

D'HISTOIRE NATURELLE

Digitized by Google

LE

COURS ÉLÉMENTAIRE D'HISTOIRE NATURELLE

SE COMPOSE DE

LA ZOOLOGIE

PAR M. MILNE-EDWARDS

1 volume in-12, avec figures. — Prix : 6 francs.

LA MINÉRALOGIE ET LA GÉOLOGIE

PAR M. F. S. BEUDANT

1 volume in-12, avec figures. — Prix : 6 francs.

LA BOTANIQUE

PAR M. DE JUSSIEU

1 volume in-12, avec figures. — Prix : 6 francs.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES D'HISTOIRE NATURELLE

POUR SERVIR D'INTRODUCTION

AU COURS ÉLÉMENTAIRE D'HISTOIRE NATURELLE

PAR

MM. MILNE-EDWARDS, DE JUSSIEU ET BEUDANT

NOTIONS PRÉLIMINAIRES DE GÉOLOGIE

extraites du Cours de

M. F. S. BEUDANT

membre de l'Institut, inspecteur général de l'Instruction publique

ET

RÉDIGÉES CONFORMÉMENT AU PROGRAMME OFFICIEL DE L'ENSEIGNEMENT DANS LES LYCÉES (SECTION DES SCIENCES)

PAR M. E. B. DE CHANCOURTOIS

ingénieur au corps impérial des Mines chargé du Cours à l'École impériale des Mines.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

Digitized by Google